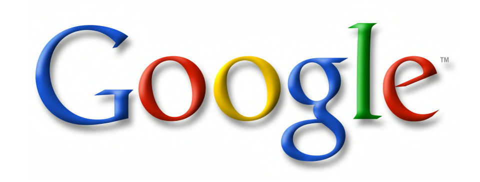
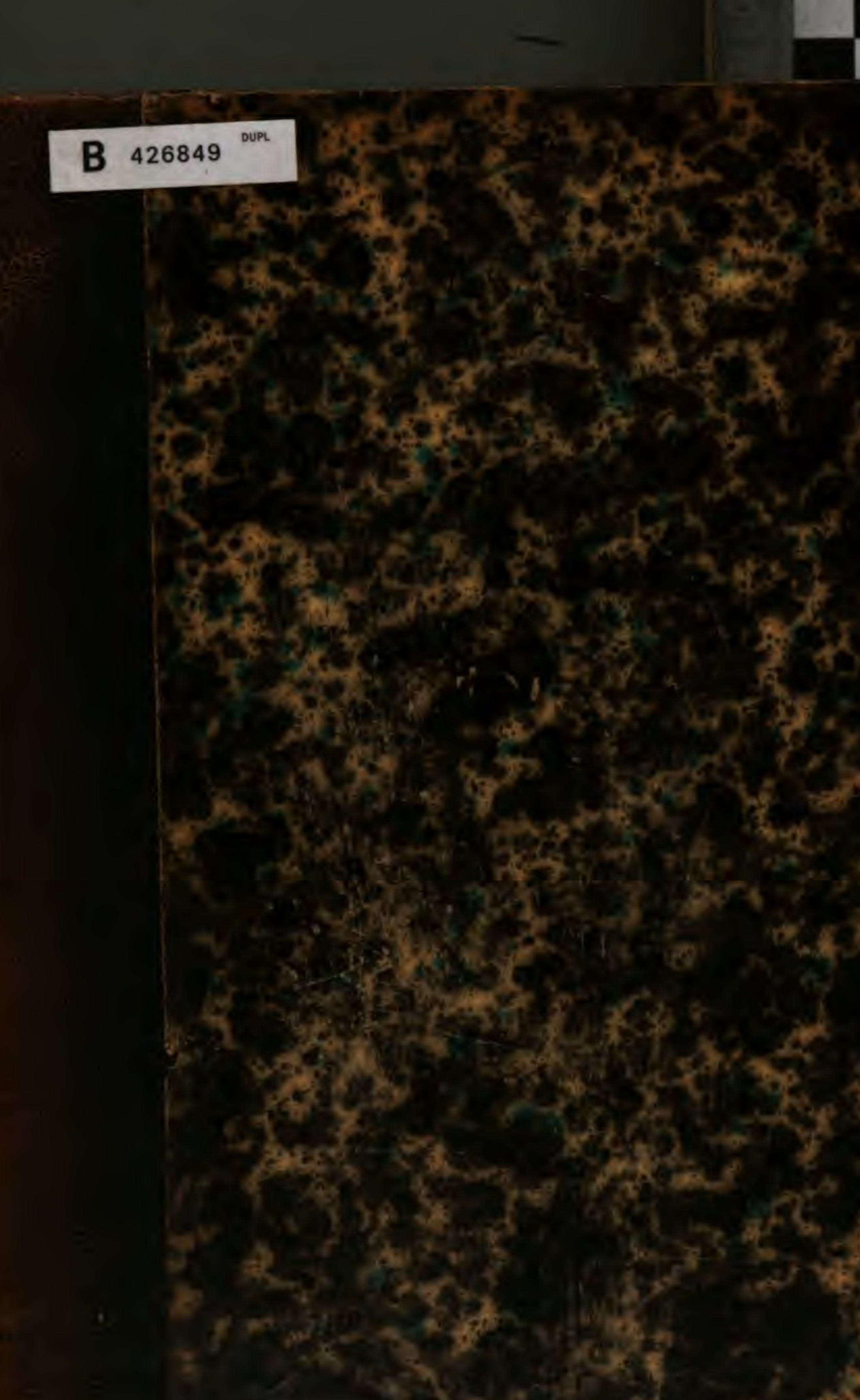

Google



B 426849
DUPL


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

Nota. La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Mémoires ou Notes publiés dans le Bulletin.

Paris. — Imprimerie de P.-A. Bourdier et Ce, rue des Poitevins, 6.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET IMPÉRIAL DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1867

SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ

26, RUE BUFFAULT, 26

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

EUGÈNE LACROIX, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

QUAI MALAQUAIS, 15

1867

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER, FÉVRIER, MARS 1867)

N° 37

Pendant ce trimestre, on a traité les questions suivantes :

1° *Installation des nouveaux membres du bureau et du comité* (séance du 4 janvier, page 34).

2° Voyage de M. Le Saint, *Exploration de l'Afrique équatoriale entre la région du haut Nil et notre colonie du Gabon* (séance du 4 janvier, page 62).

3° *Locomotive Steierdorff* employée sur le chemin de fer d'Orawitza à Steierdorff (séance du 18 janvier, page 63).

4° *Dépôts calcaires trouvés dans des chaudières à vapeur*, par MM. Limet et Arson (séances des 18 janvier, 1er février et 15 mars, pages 64, 69 et 86).

5° *Formations houillères et gîtes métallurgiques de l'ancien et du nouveau continent*, par M. Simonin (séance du 18 janvier, page 65).

6° *Mécanisme de levage à contre-poids, à décrochage et accrochage automatiques*, par M. Chéron (séance du 18 janvier, page 67).

7° *Ventilation mécanique des théâtres*, par M. Monthiers (séance du 1er février, page 70).

8° *Ventilation mécanique au moyen de l'air comprimé*, par MM. Piarron de Mondesir et Lehaître (séances des 15 février, 1er et 15 mars, pages 72, 78 et 87. Voir le mémoire, page 104).

9° *Situation de l'Empire* (séance du 1er mars, page 76).

10° *Signaux* (*nouveau système de*) installé sur le chemin de fer de l'Ouest, par M. Regnault (séance du 1er mars, page 77).

11° *Gisements et exploitations du pétrole dans l'Amérique du Nord*, par M. Foucou (séance du 8 mars, page 82).

12° *Enseignement technique*, par M. le général Morin (séance du 15 mars, page 86).

13° *Figures en relief destinées à l'enseignement de la géométrie descriptive*, par M. Delonchant (séance du 15 mars, page 86).

14° *Endiguement et mise en culture des polders ou lais de mer de la baie de Bourgneuf* (*Vendée*), par M. Le Cler (séance du 22 mars, page 98. Voir le mémoire, page 177).

15° *Carte lithologique des mers d'Europe*, dressée par M. Delesse, ingénieur en chef des mines (séance du 22 mars, page 99).

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° De M. Émile Trélat, membre de la Société, un exemplaire d'un volume intitulé *l'Amphithéâtre en* 1865 *et* 1866 *à l'École centrale d'architecture*.

2° De M. Simonin, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage sur *la Vie souterraine ou les mines et les mineurs,* et un exemplaire de sa *Leçon d'ouverture du Cours de géologie* professé par lui à l'École centrale d'architecture.

3° De M. Birlé, membre de la Société, un Mémoire sur le montage des Halles de Milan et de Turin.

4° De M. O'Brien, membre de la Société, une Traduction d'un Mémoire de M. le capitaine hollandais Liermer sur un nouveau système de vidange.

5° De M. Édouard Brame, ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire de son *Étude sur les signaux de chemins de fer à double voie.*

6° De M. Yvon Villarceau, membre de la Société :

Un exemplaire d'une note sur une *Nouvelle détermination d'un azimut fondamental*, *pour l'orientation générale de la carte de France ;*

Un exemplaire d'une note sur l'*Effet des attractions locales sur les longitudes et les azimuts ; applications d'un nouveau Théorème à l'étude de la figure de la terre;*

Un exemplaire d'une note sur la *Comparaison des déterminations astronomiques faites par l'Observatoire impérial de Paris, avec les positions et les azimuts géodésiques publiés par le dépôt de la guerre.*

7° De M. Albaret, membre de la Société, un exemplaire de son *Etude des ponts reposant sur plus de deux appuis.*

8° De M. Coré, ingénieur, un exemplaire de son *Guide commercial des constructeurs mécaniciens, des fabricants et des chefs d'industrie.*

9° De M. Gotschalk, membre de la Société, de la part de M. Kremer, ingénieur, un exemplaire de l'*Album photographique du matériel roulant de la grande Société des chemins de fer Russes.*

10° De M. Le Gler, membre de la Société, un Mémoire sur l'*Endiguement et la mise en culture des polders de la baie de Bourgneuf* (*Vendée*).

11° De MM. Petitgand et Ronna, un exemplaire des tomes quatrième et cinquième du *Traité complet de la métallurgie*, par le docteur Percy.

12° De MM. Varin et Fribourg, un exemplaire d'un mémoire sur un *Nouveau Télégraphe électro-chimique à transmission automatique.*

13° De M. le général Morin, Président honoraire de la Société, un exemplaire de son *Rapport sur l'enseignement technique.*

14° De M. Delonchant, membre de la Société, deux *spécimens de figures des éléments de géométrie descriptives.*

15° De M. Penot, un exemplaire d'un Mémoire sur *les Institutions privées du Haut-Rhin.*

16° De M. Simonin, membre de la Société, un exemplaire de son *Rapport sur les cités ouvrières des houilleurs dans les mines du centre français.*

17° De M. Prouteaux, un exemplaire de son *Guide pratique de la fabrication du papier et du carton.*

18° De MM. de Mondesir et Lehaître, un Mémoire sur la *ventilation mécanique au moyen de l'air comprimé.*

19° Le numéro d'avril, mai et juin 1866 du bulletin de la *Société de l'industrie minérale.*

20° Les numéros du premier trimestre 1867 du *Journal d'agriculture pratique.*

21° Les numéros du premier trimestre 1867 de la revue *la Presse scientifique.*

22° Les numéros du premier trimestre 1867 de la revue *les Mondes.*

23° Les numéros du premier trimestre 1867 du journal *The Engineer.*

24° Les numéros du premier trimestre 1867 du bulletin de la *Société d'encouragement.*

25° Les numéros de décembre 1866, janvier et février 1867 du bulletin de la *Société de géographie.*

26° Les numéros du quatrième trimestre 1866 du bulletin de la *Société impériale et centrale d'agriculture.*

27° Les numéros du premier trimestre 1867 du journal *l'Invention.*

28° Le numéro du premier trimestre 1867 de la *Revista de obras publicas.*

29° Les numéros du premier trimestre 1867 de la *Revue des Deux-Mondes.*

30° Les numéros du premier trimestre 1867 de la *Revue contemporaine.*

31° Les numéros du premier trimestre 1867 du journal *la Science Pittoresque.*

32° Les numéros du premier trimestre 1867 du *Journal de l'éclairage au gaz.*

33° Les numéros du premier trimestre 1867 du journal *l'Isthme de Suez.*

34° Les numéros du premier trimestre 1867 des *Annales du Génie civil.*

35° Les numéros du premier trimestre 1867 du *Journal des chemins de fer.*

36° Les numéros du premier trimestre 1867 du journal *la Semaine financière*.

37° Les numéros du premier trimestre 1867 des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*.

38° Les numéros de septembre, octobre, novembre et décembre 1866 de la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*.

39° Les numéros du premier trimestre 1867 des *Nouvelles Annales de la construction*.

40° Les numéros du premier trimestre 1867 du *Portefeuille économique des machines*.

41° Les numéros du premier trimestre 1867 de l'*Album pratique de l'art industriel*.

42° Les numéros du premier trimestre 1867 des *Nouvelles Annales d'agriculture*.

43° Les numéros du premier trimestre 1867 des *Annales du Conservatoire*.

44° Les numéros du premier trimestre 1867 des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

45° Les numéros du premier trimestre 1867 de la *Propagation industrielle*.

46° Les numéros du premier trimestre 1867 du journal *Engineering*.

47° Les numéros de mai, juin, juillet et août 1866 des *Annales des ponts et chaussées*.

48° Les numéros 28, 29 et 30 du bulletin du *Comité des forges de France*.

49° Les numéros de novembre et décembre 1866, janvier et février 1867 du bulletin de la *Société de Mulhouse*.

50° Le numéro 1 de 1867 du journal *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*.

51° Les numéros du premier trimestre 1867 de la *Revue Horticole*.

52° Les numéros du premier trimestre 1867 de la *Gazette du Village*.

53° Le numéro de février 1867 du bulletin de la *Société industrielle de Reims*.

54° Les numéros 11 et 12 de la *Revue d'architecture*.

55° Le numéro 9 de 1866 du Bulletin de la *Société des Ingénieurs autrichiens*.

Les Membres admis pendant le 1er trimestre sont :

Au mois de janvier :

MM. DAGAIL, présenté par MM. Blanleuil, Bonnet et Desmousseaux de Givré.
FOEX, présenté par MM. Flachat, Desbrière et Jordan.
HERTER, présenté par MM. Thomas, Laurens et Tronquoy.
LEFÈVRE (Louis), présenté par MM. Barberot, Lefèvre (Prosper) et Tronquoy.
MAGNY, présenté par MM. Flachat, Nozo et Ch. Laurent.
MARÉCHAL, présenté par MM. Fèvre, Mayer et Nozo.
SOMMEILLER, présenté par MM. Flachat, Loustau et Petiet.
STILMANT, présenté par MM. Loustau, Perdonnet et Vuillemin.
TRÉVELLINI, présenté par MM. Gottereau, Dallot et Valentin.
ZERAH COLBURN, présenté par MM. Flachat, Forquenot et Perdonnet.

Au mois de février :

MM. BLANCO, présenté par MM. Gottereau, Le Brun et Rey.
BRACQUEMONT, présenté par MM. Évrad, Loustau et Petiet.
ORSAT, présenté par MM. Bandérali, Loustau et Petiet.
TOURNADRE DE NOAILLAT, présenté par MM. Courras, Flachat et Nordling.
VUIGNER (Henri), présenté par MM. Flachat, Perdonnet et Petiet.
XIMENEZ, présenté par MM. Gottereau, Le Brun et Rey.

Au mois de mars :

MM. ANDRÉ (Oscar), présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
BOBIN, présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
BOUISSON, présenté par MM. Bourgougnon, Mathieu et Lefèvre.
BROCCHI, présenté par MM. Flachat, Génissieux et Noisette.
MOREAU, présenté par MM. Flachat, Rancès et Tronquoy.

LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES

1867

Membres du Bureau.

Président :

M. Flachat (Eugène) O. ✻ ✻, rue de Moncey, 9.

Vice-Présidents :

MM. Vuillemin (Louis), O. ✻ ✻ ✻, rue Réaumur, 43.
Callon (Ch.), ✻, rue Royale-Saint-Antoine, 16.
Love, rue Blanche, 99.
Salvetat ✻ ✻, à Sèvres (Manufacture impériale).

Secrétaires :

MM. Tronquoy (Camille), faubourg Saint-Denis, 43.
Dallot (Auguste), rue Béranger, 17.
Donnay, rue des Trois-Couronnes, 48.
Servier, rue Lafayette, 89.

Trésorier :

M. Loustau (G.) ✻, rue de Dunkerque, 20.

Membres du Comité.

MM. Yvon-Villarceau ✻ ✻, à l'Observatoire.
Nozo (Alfred) ✻ ✻, boulevard Magenta, 169.
Alcan (Michel) ✻, rue du Faubourg-Poissonnière, 98.
Benoit Duportail (Armand-Camille), rue Bénard, 41, à Batignolles.
Petiet (J.) O. ✻ ✠ ✻ ✻, rue de Dunkerque, 20.
Mayer (Ernest) ✻, rue d'Amsterdam, 39.
Alquié (Auguste-François) ✻, rue de Dunkerque, 37.
Farcot (Joseph), au port Saint-Ouen.
Forquenot ✻, rue du Louvre, 6.
Chobrzynski ✻, boulevard Magenta, 167.
Péligot (Henri), rue Saint-Lazare, 43.
Breguet ✻, quai de l'Horloge, 39,

MM. THOMAS (Léonce) ✻, quai Voltaire, 25.
FOURNEYRON ✻, rue Saint-Georges, 52.
GOSCHLER, boulevard Saint-Michel, 35.
LIMET, boulevard des Filles-du-Calvaire, 18.
LAURENT (Charles) ✻, rue de Chabrol, 35.
MOLINOS (Léon) ✻, rue Ollivier prolongée, 2.
TRESCA O. ✻ ✠ ✻ ✻, rue Saint-Martin, 292.
NORDLING ✻, boulevard Malesherbes, 87.

Présidents honoraires.

MM. PERDONNET (A.) C. ✻ G. ✻ C. ✻ ✻ ✻, rue de Calais, 16.
MORIN (le général), G. ✻ ✻ ✻ ✻, directeur du Conservatoire Impérial des arts et métiers, rue Saint-Martin, 292.

Membres honoraires.

MM. BÉLANGER, O. ✻, rue d'Orléans, 15, à Neuilly.
PONCELET (le général) G. ✻ ✻ ✻, rue de Vaugirard, 58.

Membres Sociétaires.

MM. ABOILARD (François-Auguste-Théodore), directeur de charbonnage, à Corbeil (Seine-et-Oise).
ACHARD, rue de Provence, 72.
AGUDIO (Thomas) ✻, rue de l'Arsenal, 17, à Turin (Piémont).
AIVAS (Michel), à Suez (Égypte).
ALBARET, constructeur, à Liancourt (Oise).
ALBARET (Eugène), rue Legendre, 92 (Batignolles).
ALBY (Joseph), à Turin (Piémont).
ALCAN (Michel) ✻, rue du Faubourg-Poissonnière, 98.
ALQUIÉ (Auguste-François) ✻, rue de Dunkerque, 37.
AMELINE (Auguste-Eugène), rue Truffaut, 52, à Batignolles.
ANDRÉ (Gaspard-Louis), à Cognac (Charente).
ANDRÉ (Oscar), rue Montholon, 13.
ANDRY, à Boussu, près Mons (Belgique).
ANSART (Ernest), calle de la Traversia de Sante-Mateo, 18, à Madrid.
APPERT (Léon), rue Royale, 6, à la Grande-Villette.
ARCANGUES (D') (Paul-Eugène) ✻, rue de Dunkerque, 18.
ARMAN (Lucien) ✻, constructeur, à Bordeaux (Gironde).
ARMAND (Eugène), à Moscou (Russie).
ARMENGAUD aîné ✻, rue Saint-Sébastien, 45.
ARMENGAUD jeune ✻, boulevard de Strasbourg, 23.
ARNAULT (Marc-Emmanuel), à Saintes (Charente-Inférieure).

MM. Arson (Alexandre) ✱, Cie du Gaz, Faubourg-Poissonnière, 141.
Artus (Jules), boulevard Beaumarchais, 20.
Asselin (Eugène), rue des Poissonniers, 3 (Saint-Denis).
Avril (Louis), rue Lamartine, 6.
Badois (Edmond), rue de la Tour, 127, à Passy.
Baillet (Gustave), rue Saint-Ferdinand, 39, aux Ternes.
Balestrini, rue Saint-Placide, 43.
Ball (Charles), boulevard Magenta, 127.
Banderali, rue de Navarin, 16.
Bandholtz (Frédéric), à Jarnac (Charente).
Bara, rue du Colombier, 5, aux Prés-Saint-Gervais.
Barbe (Paul), faubourg Saint-Jean, 7, à Nancy (Meurthe).
Barberot (Félix) ✱ ✱, Grande-Rue, 21, à Batignolles.
Barrault (Émile), boulevard Saint-Martin, 33.
Barres-Barretto (de) (Manuel), à Pernambuco (Brésil).
Barroux (Léon), à Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or).
Barthélemy (Henry), quai Voltaire, 3.
Baudet (Louis-Constant-Émile), boulevard Pereire, 50 (Batignolles).
Baudoin ✱, avenue de Neuilly, 115.
Baumal (Henri), à Sotteville-lès-Rouen (Seine-Inférieure).
Bazerque (Pierre), à Saintes (Charente-Inférieure).
Beaucerf ✱, rue Rodier, 28.
Beaupré (Eugène), à Pont-Rémy (Somme).
Beaussobre (de) (Georges-Emmanuel), à Strasbourg (Bas-Rhin).
Bélanger (Charles-Eugène), Fuencarral, 2, à Madrid (Espagne).
Belleville (Julien-François), avenue Trudaine, 6.
Bellier (Adolphe), au chemin de fer du Midi, à Bordeaux (Gironde).
Belpaire (Alfred), ingénieur en chef à Bruxelles (Belgique).
Benoit Duportail (Armand-Camille) rue Bénard, 41, à Batignolles.
Benoist d'Azy (Paul), à Fourchambault (Nièvre).
Berger (Jean-Georges), chez M. André, à Thann (Haut-Rhin).
Bergeron, rue du Grand-Chêne, 8, à Lausanne (Suisse).
Bernard, chef de la section belge du chemin de fer du Nord, à Namur (Belgique).
Bertholomey (Eugène), avenue de Launay, 15, à Nantes.
Berthot (Pierre), à la papeterie du Marais, par la Ferté-Gaucher (Seine-et-Marne).
Berton (Théodore), rue Mademoiselle, 16, à Versailles (Seine-et-O.).
Bertrand (Lucien), à Séville (Espagne).
Bertrand (Charles-Pierre), boulevard Beaumarchais, 69.
Beugniot ✱, maison Kœchlin, à Mulhouse (Haut-Rhin).
Bévan de Massi (Henri), boulevard Malesherbes, 21 bis.
Bianchi ✱ ✱, rue des Postes, 47.
Binder (Charles-Jules), boulevard Haussmann, 112.

MM. Bippert, rue des Petites-Écuries, 12.
Birlé (Albert), via Carlo-Porta, 1, à Milan (Italie).
Biver (Hector) ✻, rue Saint-Guillaume, 3.
Bixio (Maurice), rue Jacob, 26.
Blaise (Jean-Louis-Émile), rue de Sèvres, 139.
Blake (David), à Dieppe (Seine-Inférieure).
Blanc-Garin, poste restante, à Thones (Haute-Savoie).
Blanche (Auguste), quai Impérial, 3, à Puteaux.
Blanco (Juan-Maria), à Cabeza del Buey, province de Badajoz (Espagne).
Blanleuil, chef de section, à Angoulême (Charente).
Blard (Alexandre-Louis), rue de Rivoli, 226.
Bleynie (Martin), rue de Lyon, 35.
Blonay (de) (Henri), directeur des ateliers de construction de la Reichshoffen, près Niederbronn (Bas-Rhin).
Blondeau (Paul-François), à l'Ardoisière Saint-Gilbert, à Fumay (Ardennes).
Blot (Léon), rue d'Amsterdam, 54.
Blutel, à Troyes (Aube).
Bobin (Hippolyte), rue de la Santé, 7.
Boca (Paul-Alcide), rue du Mail, 13.
Boire (Émile), quai de la Haute-Deule, à Lille (Nord).
Bois (Victor) ✻, boulevard Malesherbes, 69.
Boitard (Charles-Alfred), à Maromme (Seine-Inférieure).
Boivin (Émile), rue de Flandre, 145, à la Villette.
Bonnaterre (Joseph), rue Gaillon, 11.
Bonnet (Victor), à Beaumont-sur-Oise (Seine-et-Oise).
Bonnet (Désiré), à Toulouse (Haute-Garonne).
Bonnet (Auguste-Félix), rue Servandoni, 23.
Bontemps (Georges), à Saint-Chamond (Loire).
Borel (Paul), rue Taitbout, 82.
Borgella (Édouard), route Impériale, 44, à Montretout, près Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
Bossi (de) (Édouard), à Riom (Puy-de-Dôme).
Bossu, à la cristallerie de Saint-Louis, par Goetzembruck (Moselle).
Boucard (Alexandre-André), rue de la Paix, 3.
Boudard (Casimir), à Dangu, par Gisors (Eure).
Boudard (Félix-Arthur), rue de la Vallée, 35, à Amiens (Somme).
Boudént (Ernest-Gabriel), rue Saint-Sauveur, 18.
Bougère (Laurent), à Angers (Maine-et-Loire).
Bouilhet (Henri-Charles), rue de Bondy, 56.
Bouillon (Augustin), rue de Chabrol, 33.
Bouisson (Amable-Louis), rue du Boulevard, 4, Batignolles.
Boulogne (Jules-Ernest), quai de Seine, à Saint-Denis.

MM. Bouquié, rue Saint-Georges, 43.
Bourcard (Henri), à Guebwiller (Haut-Rhin).
Bourdon (Eugène) ☼, rue du Faubourg-du-Temple, 74.
Bourgeat (Alphonse), à Rochefort-sur-mer (Charente-Inférieure).
Bourgougnon (Étienne), rue de la Victoire, 43.
Bourgougnon (René), rue Lemercier, 44 (Batignolles).
Bourset, gare de Ségur, à Bordeaux (Gironde).
Boutigny d'Évreux ☼, chimiste, à la Chartre-sur-le-Loir (Sarthe).
Boutmy, rue Rambouillet, 2.
Boutté (Louis), rue Saint-Placide, 49.
Bracquemont (de) (Adrien), boulevard Malesherbes, 19.
Branville (de) (Paul), rue Saint-Placide, 43.
Brauer (François-Charles), à Graffenstaden (Bas-Rhin).
Bréguet ☼, quai de l'Horloge, 39.
Brialmont, aux établ[ts] de M. John Cockerill, à Seraing (Belgique).
Bricogne (Charles) ☼, rue du Faubourg-Poissonnière, 50.
Bridel (Gustave), à Iverdon (Suisse).
Brissaud ☼, rue de Rennes, 147.
Brocchi (Astère), rue de Lyon, 49.
Brocchi (Auguste), rue Racine, 30.
Bronne, quai de Fragnée, 392, à Liége (Belgique).
Bronne (Louis), rue Darchis, 40, à Liége (Belgique).
Brouilhet (Émile), directeur de la compagnie Chaufournière de l'Ouest à Saint-Lô (Manche).
Bruère, à Signy-le-Petit (Ardennes).
Bruignac (Duroy de) (Albert), rue de Provence, 58.
Brunet (de), à Saint-Sébastien-Guipuzcoa (Espagne).
Brüll, aux mines d'Auchy-au-Bois, près Lillers (Pas-de-Calais).
Brunier ☼, rue Neuve-Saint-Patrice, 6, à Rouen (Seine-Inférieure).
Brustlein (H.-Aimé), à Almemecar, province de Malaga (Espagne).
Buddicom, rue de Lille, 97.
Bulot (Hippolyte), aux fonderies de Graville (Havre).
Bureau, place de l'Église, 9 (Batignolles).
Burel (Eugène), avenue de la Grande-Armée, 73.
Busschop (Émile), boulevard du Prince-Eugène, 100.
Bussière (de), aux acieries Barroin et C[ie], à Saint-Étienne (Loire).
Cabanes (Felix), à Saint-Ouen (Seine).
Cabany (Armand), à Gand (Belgique).
Cahen (Eugène), rue des Petits-Hôtels, 3.
Cail (Émile), quai de Billy, 48.
Caillé (Jules-Charles), rue Guy-de-la-Brosse, 11.
Caillet, avenue d'Antin, 7.
Caillot-Pinart, rue du Faubourg-Saint-Martin, 140.

MM. Caisso (Marin), aux ateliers du chemin de fer de l'Ouest, à Rennes (Ille-et-Vilaine).
Calabre (Sébastien), rue de la Charbonnière, 32, à la Chapelle.
Calla ✱, rue Lafayette, 105.
Callon (Charles) ✱, rue Royale-Saint-Antoine, 16.
Calrow, avenue Parmentier, 15.
Capdevielle, rue des Vertus, 70, à la Villette.
Capuccio (Gaetano), à Turin (Piémont).
Carcenat (Antoine), à la gare du chemin de fer du Nord, Paris.
Carimantrand (Jules), rue Saint-Genest, à Nevers (Nièvre).
Carpentier (Léon), rue de Fleurus, 37.
Castel (Émile) ✱ O. ✱, place Roubaix, 24.
Castor ✱, à Mantes (Seine-et-Oise).
Cauvet (Jacques-Aubin), rue Neuve-des-Mathurins, 73.
Cavé (François) ✱, place Lafayette, 114.
Cavé (Amable), avenue Montaigne, 51.
Cazalis de Fondouce (Paul), à Montpellier (Hérault).
Cazaux, à Suez (Egypte).
Cazes (Edwards-Adrien), à Madrid (Espagne).
Cernuschi, boulevard Malesherbes, 10.
Chabrier (Ernest), rue Saint-Lazare, 99.
Championnière, à Monlignon, près Montmorency (Seine-et-Oise).
Champouillon, rue de Provence, 72.
Chancerel (Charles-Antoine), boulevard du Prince-Eugène, 79.
Chapelle ✱, boulevard Beaumarchais, 102.
Chaper ✱, rue de Provence, 58.
Charbonnier, rue de Bréa, 22.
Chareaudeau (Jules), rue de l'Arcade, 18.
Charpentier (Joseph-Ferdinand), rue de Turenne, 80.
Chauveau des Roches (Arthur), rue de Tournon, 16.
Chauvel (Émile), à Navarre, par Évreux (Eure).
Chavès (Léopold), inspecteur du service des eaux au chemin de fer du Nord, rue Paradis-Poissonnière, 12.
Chéron (Charles-Louis), rue de Clichy, 43.
Chéronnet (Victor), avenue de Saint-Denis, 65, Passy (porte Maillot).
Chevandier de Valdrome (Eugène-Jean) O ✱, rue de la Victoire, 22.
Chobrzynski (Jean-Pierre-Charles) ✱, boulevard Magenta, 167.
Chollet (Louis), à Belfort (Haut-Rhin).
Chopin (Nicolas-Philippe), à Jarnac (Charente).
Chuwab (Charles), faubourg Saint-Denis, 67.
Cialdi (Alexandre) ✱ ✱, Vial dell Anima, 45, à Rome (Italie).
Ckiandi (Alexandre-Henri), cours Bonaparte, 80, Marseille (B-d.-R.).
Claro (Paul-Victor), rue des Petites-Écuries, 11.
Clémandot (Louis) ✱, direct. de la cristallerie de Clichy-la-Garenne.

MM. CLÉMENT-DESORMES, rue Bourbon, à Lyon (Rhône).
CLERVAUX (DE) (Paul), directeur des usines de Torteron (Cher).
COIGNET (François), rue Bleue, 7.
COINDET (Eugène), route de Darnetal, 58, à Rouen (Seine-Infér.).
COLBURN (Zerah), 7, Gloucester Road Regents Park London (Angleterre).
COLLADON, à Genève (Suisse).
COLLET (Charles-Henri), place Vendôme, 8.
COMTE (Charles-Adolphe), rue d'Amsterdam, 57.
CONRARD, Grande-Rue, 16, à Foug-lès-Toul (Meurthe).
CONSOLAT, boulevard Malesherbes, 68.
CONTAMIN (Victor), rue Saint-Antoine, 214.
COQUEREL (Paul), boulevard des Batignolles, 22.
CORDIER, rue Saint-Lazare, 104.
CORNAILLE (Alfred), à Cambrai (Nord).
CORNUT-GENTILLE (Louis), boulevard Montmartre, 8.
COSYNS, à Couillet, par Charleroi (Belgique).
COTTRAU (Alfred-Henri-Joseph), ingegneze di sezione presso la direzioni generale della Ferrovi meridionali (Florence) (Italie).
COUARD (Joseph-Félix), avenue Lacuée, 6.
COURNERIE (Amédée-Barthélemy), à Cherbourg (Manche).
COURRAS (Philippe), boulevard des Batignolles, 58.
COURTÉPÉE (Laurent), rue des Francs-Bourgeois, 5.
COURTIN (Amédée-Augustin), aux ateliers du chemin de fer du Nord, à La Chapelle.
COURTINES (Jacques) ✻, à Rueil (Seine-et-Oise).
COUTANCEAU (Alphonse), rue Judaïque, 66, à Bordeaux (Gironde).
COUTURE (Jules), rue de la Darse, 9 à Marseille. B. du R.
CRÉPIN (Christian), avenue Trudaine, 35.
CRESPIN (Auguste), rue d'Antin, 20, aux Batignolles.
CRESPIN (Arthur-Auguste), avenue Parmentier, 7.
CRÉTIN ✻, rue de Berri, 47.
CUINAT (Charles), chez M. Gouin (aux Batignolles).
DAGAIL (Louis), à Angoulême (Charente).
DAGUERRE D'OSPITAL (Léon), sous-chef de section au chemin de fer de Saragosse à Madrid (Espagne).
DAGUIN (Ernest), rue Geoffroy-Marie, 5.
DAILLY (Gaspard-Adolphe) ✻, rue Pigalle, 69.
DALLOT (Auguste), rue Béranger, 17.
DAMBRICOURT (Auguste), à Vezernes par Saint-Omer (P.-de-C.).
DANEY (François), place Sainte-Croix, à Bordeaux (Gironde).
DARET-DERVILLE, à Séville (Espagne).
DARBLAY (Paul), à Corbeil (Seine-et-Oise).
DAVELUY (Marie-Alfred-Alphonse), rue d'Hauteville, 33.

MM. DAVID (Augustin), rue des Marais, 37.
DAVID (Henri), rue Doudeauville, 14, à la Chapelle.
DEBARLE (Louis), à Congis (par Lizy-sur-Ourcq) (Seine-et-Marne).
DEBAUGE (Jean-Louis) ✻, rue de Tournon, 8.
DEBIÉ, à la papeterie de la Croix-Blanche, à Thiers (Puy-de-Dôme).
DEBONNEFOY DE MONTBAZIN, rue Madame, 6.
DECAUX (Charles-Auguste) ✻, rue Notre-Dame-des-Champs, 107.
DE COENE (Jules), à Rouen (Seine-Inférieure).
DECOMBEROUSSE (Charles), rue des Martyrs, 47.
DE DION (Henri) ✻, rue de la Victoire, 70 *bis*.
DEFFOSSE (Étienne-Alphonse), au chemin de fer de Lyon à la Méditerranée, au Puy (Haute-Loire).
DEGOUSÉE (Edmond), rue de Chabrol, 35.
DELANNAY, agent-voyer en chef, au Mans (Sarthe).
DELANNOY (François-Albert), ✻ C ✻, à la gare du chemin de fer d'Orsay, à Montrouge.
DELAPORTE (Louis-Achille), rue de Turenne, 43.
DELATTRE, boulevard du Prince-Eugène, 63.
DELAUNAY (Jules-Henri), à Vitré (Ille-et-Villaine).
DELEBECQUE, rue de Chabrol, 34.
DELIGNY (Simon-Victor) O ✻, vieille route de Neuilly, 15.
DELOM (Florentin), ingénieur du matériel du réseau central de la Cie d'Orléans, rue Léonie, 14.
DELON (Ernest-Louis), rue Sainte-Catherine, 101, à Bordeaux (Gironde).
DELONCHANT, rue Saint-Pierre, 3, à Sèvres (Seine-et-Oise).
DELPECH (Ferdinand), Chaussée d'Antin, 51.
DELSA (Hubert), à Pietrasa, près Naples (Italie).
DEMANEST (Edmond), rue Crétet, 6.
DEMEULE (Gustave), à Elbeuf, rue de la Bague, 1 (Seine-Inférieure).
DENFER (Jules), rue des Rosiers, 2 *bis*.
DENIEL ✻, à Troyes (Aube).
DENISE (Lucien), passage Violet, 12.
DEODOR (Léon), rue du Chevaleret, 51.
DEPÉRAIS (Ch.), Viro St-Peresella de Spagnoli, 33, à Naples (Italie).
DERENNES (Jean-Baptiste-Ernest), avenue Parmentier, 10.
DEROIDE (Auguste), cité Gaillard, 5.
DESBRIÈRE ✻, rue de Provence, 68.
DESFORGES (Louis-Alphonse), au chemin de fer de Mulhouse (Haut-Rhin).
DESGOFFE (Auguste-Jules), boulevard de Vaugirard, 6.
DESGRANGE, ✻ C ✻ ✻ ✠, ingénieur en chef du chemin de fer du Sud, hôtel Munsch, à Vienne (Autriche).
DESMASURES (Camille) O ✻, rue Neuve-Saint-Augustin, 22.

MM. Desmousseaux de Givré (François-Xavier-Émile), rue de Lille, 79.
Desnos (Charles), Boulevard Saint-Martin, 29.
Desprès (Gustave), rue de l'Arcade, 65.
Despret (Édouard), rue de Stassart, 69, à Bruxelles (Belgique).
Devaureix (Jules), rue de la Cerisaie, 13.
Deville (Anatole), rue de Lyon, 39.
Dez (Jules), à Rochefort-sur-mer (Charente-Inférieure).
D'Hamelincourt (Éloi-Joseph), rue Saleneuve, 29 (Batignolles).
Diard (Henri-Pierre-Alfred), à Amboise (Indre-et-Loire).
Didierjean (Eugène), à Saint-Louis (Moselle).
Dieudonné (Camille-Henri-Marie), boulevard du Prince-Eugène, 78.
Dinan, rue des Rats, 12, à Soissons (Aisne).
Dombrowski (Thomas-Adolphe), à Metz (Moselle).
Donnay (Charles), rue des Trois-Couronnes, 48.
Donzelle (Joseph-Arthur), Foolseah factory near Bhugulssore, à Calcutta (Indes-Orientales).
Dorré, à la gare du chemin de fer de l'Est, rue de Strasbourg.
Doublet, directeur des Mines du Grand-Clos, près la Grave, en Oysans (Hautes-Alpes), boulevard du Prince-Eugène, 36.
Dru (Saint-Just) (Antoine), rue Rochechouard, 69.
Dubied (Henri-Édouard), à Couvet, par Pontarlier (Suisse).
Dubois (Eugène-Auguste), rue de l'Annonciade, 30, à Lyon (Rhône).
Dufournel (Alphonse-Théodore), à Gray (Haute-Saône).
Dufrené (Hector-Auguste), rue de la Fidélité, 10.
Dugourd, à Alais (Gard).
Dujour (Nicolas-Alexis), rue Montaigne, 7.
Duméry, rue de Monceau, 11.
Du Pan (Louis), à Soissons (Aisne).
Du Pré ✵, rue Montaigne, 5.
Durenne ✵, rue de la Victoire, 68.
Durenne (Antoine) ✵, rue de la Verrerie, 30.
Durocher (Constant), à Coulommiers (Seine-et-Marne).
Duval (Edmond), aux forges de Paimpont, près Plélan (Ille-et-Vilaine).
Duval (Raoul), rue François Ier, 45.
Eiffel (Gustave), rue de Saint-Pétersbourg, 14.
Elwell, rue Tronchet, 5.
Engelmann, en Russie.
Ermel (Frédéric), rue de Valenciennes, 10.
Étienne (Antoine), au chemin de fer de Séville à Cordoue, calle de las Palmas, 77, à Séville (Espagne).
Euverte (Jules), à Terre-Noire (Loire).
Evans (Francisco), 103, Stale Street-Boston (États-Unis).
Évrard (Alfred), rue de Francfort, 6.
Évrard (Augustin), rue Saint-Samson. 28, à Douai (Nord).

MM. Falguerolles (Eugène), à Séville (Espagne).
Faliès (Jacques-Alfred), chaussée du Maine, 4.
Farcot (Joseph), au port Saint-Ouen (banlieue).
Farcot père ✱, au port Saint-Ouen (banlieue).
Farcot (Emmanuel), au port Saint-Ouen (banlieue).
Farcot (Abel), au port Saint-Ouen (banlieue).
Faure-Beaulieu, rue Meslay, 25.
Febvre (Armand), rue de Ponthieu, 23.
Fell (John-Barraclough), rue de Rivoli, hôtel Meurice.
Fellot (Jean), rue Legendre, 18 (Batignolles).
Fernex (de), rue Léonie, 14.
Fernique (Albert), rue du Gouvernement, 21, à Saint-Quentin (Aisne).
Férot ✱, rue d'Aumale, 14.
Fèvre (Léon-Jean-Baptiste), rue de la Tour, 117, à Passy.
Fèvre (Henri), boulevard Malesherbes, 72.
Fiévet (Ernest-Emile), rue de Turenne, 44, au Marais.
Flachat (E.) O. ✱ ✱, rue Moncey, 9.
Flachat (Adolphe), rue Caumartin, 70.
Flachat (Yvan), rue Lavoisier, 1.
Flachat (Jules), boulevard des Batignolles, 11.
Flaud ✱, avenue de Suffren, 40.
Flavien (Émile-Georges), rue du Bouloi, 26.
Foex (Étienne-Jean-Antoine), chemin des Chartreux, 77, à Marseille (B. du R.).
Fonbonne (de) (Charles-Alexandre), chaussée des Martyrs, 23.
Fontenay (de) (Anselme), rue du Cherche-Midi, 36.
Fontenay (Toni), rue des Récollets, 1, à Grenoble (Isère).
Fontenay (de) (Eugène) ✱, à Baccarat (Meurthe).
Forey (Miltiade), à Montluçon (Allier).
Forquenot (Victor) ✱, rue du Louvre, 6.
Fortin-Herrmann (Louis), boulevard Montparnasse, 71.
Fortin-Herrmann (Emile), boulevard Montparnasse, 71.
Foucault (Léon) ✱, rue d'Assas, 34.
Foucou, rue de Martignac, 5.
Fourneyron ✱, rue Saint-Georges, 52.
Fournier, rue de la Ville-l'Évêque, 40.
Fournier (A.), boulevard du Chemin de fer, 36, à Orléans (Loiret).
Fresnaye (Adrien-Aimé), à Marenla, par Montreuil-sur-mer (P.-de-C).
Frichot, à Pont-Rémy (Somme).
Fromantin (Jean-Baptiste), rue Bonaparte, 24.
Fromont, au chemin de fer de l'Est, à Vesoul (Haute-Saône).
Froyer, Grande-Rue, 21, à Batignolles.
Fuchet (Pierre-Paul), rue Mayet, 4.
Gagет, rue de Berlin, 17.

MM. Gaildry (Cyprien), rue de la Paix, 102, à Batignolles.
Gallaud (Charles), rue Lepic, 54.
Gallois (Charles), à Francières par Pont-Saint-Maxence (Oise).
Gambaro, boulevard Denain, 7.
Gandillot (Jules), rue de Tivoli, 6.
Ganneron, (Edmond) O ✻, quai de Billy, 56.
Garcia (Manuel-Charles-Auguste), à Saintes (Charente-Inférieure).
Garnier (Paul) ✻, rue Taitbout, 16.
Gaudet O ✻, à Rive-de-Gier (Loire).
Gaudry (Jules), rue de Dunkerque, 24.
Gaudineau (Louis), rue Martel, 17.
Gaune (André-Joseph-Émile), à Saint-Louis-de-Morangan (Brésil).
Gaupillat (Ernest), au Bas-Meudon (Seine-et-Oise).
Gauthey (Émile-Mac-Marius), rue de l'Abbaye, 14.
Gaveau (Alfred-Frédéric), rue de Dunkerque, 8, à Saint-Omer (Pas-de-Calais).
Gayrard (Gustave) ✻, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 222.
Génissieu, rue Saint-Honoré, 155.
Gentilhomme ✻, quai de la Tournelle, 45.
Geoffroy (Octave), rue Marcadet, 8, à Montmartre.
Gerber (Eug.), rue Sans-Souci, 12, à Ixelles-lez-Bruxelles (Belgique).
Germain, chaussée Ménilmontant, 24.
Germon (Alexis) ✻, ingénieur du matériel et de la traction au chemin de fer du nord de l'Espagne, à Valladolid (Espagne).
Geyler, (Alfred-Édouard), rue Blanche, 95.
Gibon (Alexandre-Louis), à Commentry (Allier).
Giffard ✻, rue Marignan, 14.
Gil (Claudio), à Barcelone (Espagne).
Girard, faubourg Poissonnière, 35.
Gislain, rue Rougemont, 9.
Godfernaux, place Pereire, 5.
Goschler (Charles), boulevard Saint-Michel, 35.
Gotterkau (Jean-Marie), ingénieur des mines à Belmez, province de Cordoue (Espagne).
Gottschalk, ingénieur en chef du chemin de fer du Sud, hôtel Munsch, à Vienne (Autriche).
Gouin (Ernest) O. ✻, rue de Cambacérès, 4.
Goumet, rue du Temple, 118.
Goutaudier (Joseph), à Séville (Espagne).
Gouvy (Alexandre), aux forges de Hombourg, près Saint-Avold (Moselle).
Gouvy (Émile) à Goffontaine (Prusse Rhénane).
Grand (Albert), rue Trévise, 14.
Gréggory (Georges-Aristide), à Saintes (Charente-Inférieure).

MM. GRENIER (Achille) ✱ ✱, C. ✱, à Luxembourg (Grand-Duché).
GRIÈGES (DE) (Louis-Maurice), rue Joubert, 39.
GUÉBHARD (Alfred) ✱, rue Martel, 8.
GUÉNIVET (Ernest), chef de la verrerie de la Croix-Blanche, à Vierzon (Cher).
GUÉRARD (Paul), au chemin de fer du Nord, à Amiens (Somme).
GUÉRIN DE LITTEAU (Edgar) ✱ ✱, rue Blanche, 3.
GUETTIER, rue Oberkampf, 74.
GUIBAL (Théophile) ✱, à l'École des Mines de Mons (Belgique).
GUILLAUME (Charles) ✱, chemin de fer du Midi, à Castres (Tarn).
GUILLAUME (Henri), rue du Château-d'Eau, 58.
GUILLEMIN (Étienne), à la Perraudette, près Lausanne (Suisse).
GUILLEMIN, usine de Cosamène, à Besançon (Doubs).
GUILLET (Félix-François), rue Descombes, 1, aux Ternes.
GUILLON (Jean-Louis) ✱, à Amiens (Somme).
GUILLON (Claudien), à la Valla, par Saint-Chamond (Loire).
GUILLOT (Gustave) ✱, rue de la Reine, 45, à Lyon (Rhône).
GUNTZ (Charles), à Haguenau (Bas-Rhin).
HALLIÉ (François-Ernest), à Fermo (Italie).
HALLOPEAU (Paul-François-Alf.), rue de Compiègne, 4.
HAMERS, rue Oberkampf, 156.
HAMOIR ✱, à Maubeuge (Nord).
HAROUARD (Charles-Narcisse-Auguste), à Saint-Nazaire (Char.-Inf.).
HENRI-LEPAUTE, fils (Édouard-Léon), rue de Rivoli, 146.
HERMARY (Hypolyte-Albert-Joseph), à Moulle, par Saint-Omer (Pas-de-Calais).
HERPIN (Louis), Grande-Place, 41, à Saint-Quentin (Aisne).
HERTER (Émile), à Valence (Drôme).
HERVEY-PICARD (Paul-Philippe), rue Nollet, 56.
HERVIER (Alfred-Charles), rue de la Fidélité, 10.
HEURTEBISE (Paul), chez M. Doré, maître de forges, rue Chappe, 4, au Mans (Sarthe).
HINSTIN (Napoléon), rue Meslay, 40.
HONORÉ (Frédéric), aux Forges-de-Siam, par Champagnole (Jura).
HOUEL ✱, quai de Billy, 48.
HOULBRAT (Abel), rue du Havre, 12.
HOVINE (Alfred), rue de Lyon, 61.
HÜBER (William) ✱, rue Miroménil, 76.
HUBERT, rue Blanche, 69.
HUET (Alfred), rue Blanche, 95.
HUMBLOT (Nicolas-Léon), rue des Clercs, à Metz (Moselle).
HURCOURT (D'), rue des Tournelles, 47.
IMBS (Alexis-Joseph-Alb.), à Lutzelhausen, par Schirmeck (Vosges).
JACQUIN, rue de l'Église, 20, à Batignolles.

MM. Jarry, à Brion-sur-Ource (Côte-d'Or).
Javal (Pierre-Jules-Émile), place Wagram, 2.
Jequier (Henri-Jean), à Santiago (Chili).
Jolly (César) ✱, à Argenteuil (Seine-et-Oise).
Joly (de) (Théodore), rue de Grenelle-Saint-Germain, 121 *bis*.
Jordan (Samson), rue de Bruxelles, 15.
Jouanne (Gustave), rue Lecourbe, 76 (Vaugirard).
Jouannin (Achille), villa Montmorency, à Auteuil.
Jousselin (Paul), quai Lepelletier, 8.
Joyant (Charles-Paul-Abel), à Mulhouse (Haut-Rhin).
Jubecourt (de) (Barthélemy), à Vaudrevanges, près Sarrelouis (Prusse Rhénane).
Jucqueau, inspecteur de la voie au chemin de fer d'Orléans, à Poitiers (Vienne).
Jullien (Charles-Édouard), rue des Tournelles, 47.
Juteau (Émile-Désiré), en Russie.
Karcher (Édouard), à Sarrebruck (Prusse Rhénane).
Knab (Clovis), rue de Madame, 1.
Komarnicki (Sigismond), rue Blanche, 82.
Kreglinger, boul. du Jardin-Botanique, 53, à Bruxelles (Belgique).
Krémer (Philippe), à Saint-Pétersbourg.
Laborie (de) (Alexandre), boulevard de Sébastopol, 27.
Laboulaye ✱, rue de Madame, 40.
Labouverie (Prosper), à Bouillon, province de Luxembourg (Grand-Duché).
Lacombe ✱, rue Laval prolongée, 2.
Lacroze, rue de Rivoli, 13.
Lafon (Adrien), en Moldavie.
Lahure (Paul-Camille), haut-fourneaux de Monceau-sur-Sambre, à Marchienne-au-Pont (Belgique).
Lainé, rue du Faubourg-du-Temple, 59.
Laligant (Paul), à Maresquel, par Campagne-les-Hesdin (Pas-de-C.)
Lalo, rue Saint-André-des-Arts, 45.
Lambert (Ernest), à Vuillafonds, par Ornans (Doubs).
Lancel (Augustin-Jules), à Tergnier (Aisne).
Langlois (Auguste), rue de la Pépinière, 11.
Langlois (Charles), rue Joubert, 10.
Langlois (Ernest-Hippolyte), à Fermo (Italie).
Larpent, boulevard des Invalides, 18.
Larochette (de) (Jérôme) ✱, quai des Minimes, 5, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Lartigue (Pierre-Gustave), à Séville (Espagne).
Lartigue (Henri), Grande-Rue, 66, à Passy.
La Salle (Auguste), à Kriens, près Lucerne (Suisse).

MM. LASSERON (Charles), rue Saint-Lazare, 48.
LASVIGNES (Louis), rue de Berlin, 4.
LAURENS (Antoine-Louis) ✻, rue Saint-Honoré, 368.
LAURENS (Marie), rue des Minimes, 5, à Marseille (Bouches-du-R.).
LAURENT (Victor), à Plancher-les-Mines, près et par Champagney (Haute-Saône).
LAURENT (Lambert), gare de Ségur, à Bordeaux (Gironde).
LAURENT (Charles) ✻, rue de Chabrol, 35.
LAURENZANO (Nicolas-Marie), strada Egiziaca, à Pizzofalcone, 59 (Naples).
LAVALLEY ✻, avenue de l'Impératrice, 49.
LEBARGY, à Amiens (Somme).
LEBON (Eugène), rue Drouot, 11.
LE BRUN (Louis-Gabriel), rue de Belzunce, 10.
LE BRUN (Raymond-Louis), puerta del Sol, 14, à Madrid (Espagne).
LECHERF, à Fives, près Lille (Nord).
LÉCLANCHÉ, rue Fontaine-Saint-Georges, 42.
LE CLER (Achille), rue de l'Abbaye, 12.
LECLERC (Émile), rue Lemercier, 32 (Batignolles).
LECŒUVRE (Paul), rue Turenne, 111.
LECONTE ✻, rue de Bercy, 4.
LECORBELLIER (George-G.), rue de Londres, 51.
LE CORDIER (Léon), à Caen (Calvados).
LEFÈVRE (Louis-Marie), au Creusot (Saône-et-Loire).
LEFÈVRE (Prosper), rue Lemercier, 31 (Batignolles).
LEFÈVRE (Edmond-Ferdinand), boulevard de Strasbourg, 71.
LEFÈVRE (Eugène-Hippolyte), à Nesle (Somme).
LEFRANÇOIS, rue Rocroy, 23.
LEGAT (Mathurin-Désiré), rue de Châlons, 22.
LEGAVRIAND (Paul-Floride), à Lille (Nord).
LEHAITRE (Paul-Léon), rue de Lille, 37.
LEJEUNE (Charles-Émile) ✻, chef du mouvement à la gare de Saintes (Charente-Inférieure).
LE LAURIN (Jules), rue de Rivoli, 50.
LELOUP (Joseph-Benoît), fabricant de sucres, à Arras (Pas-de-Calais).
LELOUP (Félix), aux mines de L'Autunois, à Autun (Saône-et-Loire).
LEMAIRE (Alexandre-Auguste), à Aix-les-Bains (Savoie).
LEMOINNE (Lucien) ✻, rue Desbordes-Valmore, 18, à Passy.
LEMONNIER (Paul), aux forges de Terre-Noire (Loire).
LEMONON (Ernest), à Arc-en-Barrois (Haute-Marne).
LENCAUCHEZ, rue de Strasbourg, 17.
LEPEUDRY (Paul-Noel), rue Montholon, 28.
LEPEUDRY, rue Montholon, 28.
LE ROY (Amable), place de la Gare, 27, à Nancy (Meurthe).

MM. Le Roy Desclosages (Raoul-Charles), rue Blanche, 8.
Letellier, rue Saint-Vincent-de-Paul, 7.
Letestu, rue du Temple, 118.
Levat (Gustave) ✱, à Arles (Bouches-du-Rhône).
Level (Émile), rue Fontaine-Saint-Georges, 32.
Lévi-Alvarès (Albert), O ✱ au chemin de fer de Madrid à Sarragosse et à Alicante, à Madrid (Espagne).
Lévy (Jules), rue des Écluses-Saint-Martin, 23.
Leigue (Pierre-Aug.-Léon), rue Royale, 82, à Saint-Quentin (Aisne).
Lhomme (Paul-Émile), rue Blanche, 69.
Limet (Hippolyte), boulevard des Filles-du-Calvaire, 18.
Limoge (de) (Louis-Auguste), rue Neuve de la Villardière, 30 (Guillotière), à Lyon (Rhône).
Lippmann (Édouard), ruè de Rivoli, 51.
Lissignol (Antoine-Abraham-Emmanuel), rue Royale-Saint-Honoré, 20.
Litschfousse (Léon), Calle de Barquillo, 32, à Madrid (Espagne).
Lloyd, boulevard et cité Beauséjour, 1, Passy,
Loiseau (Désiré), rue de la Butte-Chaumont, 47.
Loisel O. ✱, galerie du Roi, 15, à Bruxelles (Belgique).
Longraire (Léopold-François), via Goito, 10, à Gènes (Italie).
Lopez-Bustamante (Francisco), à Santander (Espagne).
Loustau (Gustave) ✱, rue de Dunkerque, 20.
Love (Georges-Henri), rue Blanche, 99.
Mac Alpine, 16, Broadway New York.
Macé, rue Amelot, 16.
Madelaine (Édouard), à Saintes (Charente-Inférieure).
Magny (Charles), à Luxeuil (Haute-Saône).
Maire (Armand), boulevard Malesherbes, 19.
Maldant, rue du Cherche-Midi, 33.
Mallet (Anatole), rue Blanche, 80.
Malo (Léon), aux mines de Seyssel, à Pyrimont-Seyssel (Ain).
Manby (Charles), ✱ ✱ ✱, 79, Harley street, Londres (Angleterre).
Mangeon (Ernest), à Melun (Seine-et-Marne).
Marçais, boulevard de la Madeleine, 17.
Marché (Eugène-Ernest), directeur des forges du Pas-Bayard, par Hirson (Aisne).
Marcilly (de), architecte, à Alexandrie (Égypte).
Maréchal (Alfred), à Sotteville-lès-Rouen (Seine-Inférieure)
Marès (Henri-Pierre-Louis), rue Sainte-Foy, à Montpellier (Hérault).
Marié ✱, rue de Bercy, 4.
Marin (Paul), à Bühl, près Guebwiller (Haut-Rhin).
Marindaz (Jules-Charles), rue Saint-Lazare, 96.
Marion (Jacques-Louis), rue Martel, 18.

MM. MARIOTTE (Charles), quai de la Râpée, 36.
MARLAND (Joseph), boulevard du Prince-Eugène, 231.
MARLE (Paul), aux mines de Blanzy (Saône-et-Loire).
MARSILLON (Jean), ingénieur principal, à Vesoul (Haute-Saône).
MARTENOT ✻, à Ancy-le-Franc (Yonne).
MARTIN (Louis) ✻, rue de Strasbourg, 10.
MARTIN (Charles-William), avenue de la Reine-Hortense, 13.
MARTIN (Léon-Adolphe), rue d'Assas, 5.
MARY (Albert-Jean-Baptiste), rue de Vaugirard, 20.
MASSELIN (Armand), à Folembray (Aisne).
MASTAING (DE) (Louis), rue de Chaillot, 95.
MATHEY (Félix), à Saint-Pétersbourg (Russie).
MATHIAS (Félix) ✻ O. ✻ ✻ ✻, rue de Dunkerque 20.
MATHIAS (Ferdinand) ✻ ✻, à Lille (Nord).
MATHIEU (Henri) ✻, rue Casimir-Périer, 27.
MATHIEU (Ferdinand) O. ✻, au Creusot (Saône-et-Loire).
MATHIEU (Jules), rue de l'Entrepôt, 15.
MAUGET (Jean-Aristide) ✻, Pallazzo Rossi al Largo Marcatello, à Naples.
MAUGUIN (Pierre-Étienne), rue Taitbout, 80.
MAURE (Edmond), rue de Penthièvre, 24.
MAYER (Edmond-Louis), boulevard Beaumarchais, 82.
MAYER (Ernest) ✻, rue d'Amsterdam, 39
MAZADE (DE) (Valentin), rue Singer, 20, à Passy.
MAZELINE ✻, constructeur, au Havre (Seine-Inférieure).
MÉGRET, au château de la Meynardie, à Saint-Privat, par Saint-Aulaye (Dordogne).
MÉLIN (Jules-Léon), rue Albouy, 13.
MÉRAUX (Gustave-Louis), rue de Chabrol, 36.
MERCIER (Auguste), rue Pierre-Levée, 18.
MESDACH, rue Saint-Paul, 28.
MESMER ✻, à Graffenstaden (Bas-Rhin).
MESNARD, rue de Ponthieu, 21.
MÉTAYER (Ferdinand-Pierre), Petite rue du Colisée, 21, à Bordeaux (Gironde).
MEYER (J.-J.), avenue de Neuilly, 41 (Seine).
MICHAUD (Edmond), boulevard Magenta, 89.
MICHAUD (Jules), rue de Douai, 7.
MICHEL (Alphonse), à Troyes (Aube).
MICHEL (Léopold), à Saintes (Charente-Inférieure).
MICHELANT ✻, au chemin de fer d'Orléans (au dépôt), à Ivry.
MICHELET (Émile), quai Valmy, 251,
MIGNON, rue Oberkampf, 151.
MINARY, usine de Casamène, à Besançon (Doubs).

MM. Mirecki (Antoine-Salwomir), boulevard Magenta, 184.
Mitchell (William-Jean-Baptiste) ✱ ✱, au chemin de fer de Lyon, boulevard Mazas.
Moisant (Armand), constructeur, rue d'Assas, 28.
Moléon (Léopold), rue Saint-André-des-Arts, 52.
Molinos (Léon-Isidore) ✱, rue Olivier prolongée, 2.
Mollard, rue Bréda, 28.
Monard (Charles), avenue du Bel-Air, 24, à Saint-Mandé.
Monnot (Paul-Charles), à Pontru (Aisne).
Montcarville (de) (Félix), au chemin de fer de Tours, à Tours.
Monthiers, rue Neuve-des-Petits-Champs, 64,
Mony (Stéphane) O. ✱, à Commentry (Allier).
Morandière (Jules-Raoul), rue Notre-Dame-des-Champs, 27.
Morandière (Édouard-Alexis), à Niort (Deux-Sèvres)
Moreau (Albert), rue Neuve-de-l'Université, 9.
Moreau (Émile), à Bordeaux (Gironde).
Moreaux (Félix) ✱ ✱, rue de Ponthieu, 8.
Morel (Stanislas), boulevard de Strasbourg, 62.
Morice, à Hazebruck (Nord).
Morin (le Général) G. ✱ ✱ ✱ ✱, rue Saint-Martin, 292.
Mouchelet Bey, rue de Clichy, 60.
Mraile (Alexandre-Antonin), agent voyer à Jonzac (Charente-Infér.).
Muller (Adrien), rue d'Amsterdam, 18.
Muller (Emile) ✱, rue de Chabrol, 33.
Nancy (Alfred), ingénieur des docks, au Havre (Seine-Inférieure).
Nehse (Charles-Georges), directeur de la verrerie d'Offenbourg (grand duché de Bade).
Nillis (Auguste), à Chaumont (Haute-Marne).
Nillus (Albert-Emmanuel), rue de Dunkerque, 27.
Noisette, rue des Poissonniers, 50, à la Chapelle.
Nordling (Wilhelm) ✱, boulevard Malesherbes, 87.
Normand fils, constructeur au Havre (Seine-Inférieure).
Nozo (Alfred) ✱ ✱, boulevard Magenta, 169.
O'Brien (William), rue de Versailles, 17, à Bougival (Seine-et-Oise).
Orsat (Louis-Hingest), rue de la Victoire, 29.
Orsatti (Camille), rue Neuve des Petits-Champs, 38.
Ottavi (Antoine), à Ajaccio (Corse).
Oudot (Charles), chef de section, à Millau (Aveyron).
Oughterson (George-Blacke), fondeur à Rouen (Seine-Inférieure).
Paget (Frédéric-Arthur), Adam street, 18, Adelphi, W. C. (Londres).
Palotte (Émile) fils, rue de la Chaussée-d'Antin, 21.
Paquin ✱, au chemin de fer de Saragosse à Alicante, à Madrid (Espagne).
Pascal, rue du Faubourg-Poissonnière, 167.

MM. PASQUET-CHAMIER (George-Antoine), boulevard de Strasbourg, 48.
PAUL (Antoine), rue de Clichy, 69.
PEDEZERT (Charles-Henri), à Saintes (Charente-Inférieure).
PÉLEGRIN (Henri-Auguste), à Shang-Haï (Chine).
PÉLEGRY (Maurice-François-Louis), rue Romiguières, 8, à Toulouse (Haute-Garonne).
PÉLIGOT (Henri), rue Saint-Lazare, 43.
PELLIER (Pierre-Émile), rue Serpenoise, 10, à Metz (Moselle).
PEPIN-LEHALLEUR ✻ ✻, au château de Coutançon, par Montigny-Liancourt (Seine-et-Marne).
PERDONNET (Auguste) C. ✻ O. ✻ G. ✻ ✻ ✻, rue de Calais, 16.
PEREIRE (Eugène) O. ✻ ✻, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
PEREIRE (Émile) fils, boulevard Malesherbes, 86.
PEREIRE (Henri), rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
PÉRIGNON (Eugène), faubourg Saint-Honoré, 105.
PÉRISSÉ (Jean-Sylvain), rue Lemercier, 1, aux Batignolles.
PERRET (Louis), rue d'Hauteville, 67.
PERREY (Édouard), rue de l'Église-de-la-Réale, à Perpignan (Pyrénées-Orientales).
PERROT ✻, rue Saint-Dominique-Saint-Germain, 16.
PESARO (Jules), rue de la Victoire, 45.
PETIET (Jules) O. ✻ ✻ ✻ ✻, rue de Dunkerque, 20.
PETIN O ✻, à Rive-de-Gier (Loire).
PETIT (Émile-Charles), rue des Minimes, à Roanne (Loire).
PETIT (Georges-Charles-André), à Cognac (Charente).
PETITGAND, boulevard Malesherbes, 68.
PETITJEAN, rue de Bruxelles, 13.
PETRE, place Vendôme, 16.
PICARD (Maurice-Félix-Antoine), rue de la Reine, 57, à Lyon (Rhône).
PICARD, 36, Via della Cernajo, à Turin (Italie).
PIERRE (Antoine), à Remiremont (Vosges).
PIERRON ✻, rue de l'Église, 13, aux Batignolles.
PIET (Jules), rue Bleue, 14.
PIHET fils, rue Neuve-Popincourt, 8.
PILLICHODY (Arnault), rue Biot, 15, à Batignolles.
PINAT (Léon), aux forges d'Allevard (Isère).
PIQUET (Alphonse), 41, calle del Espirito Santo, à Madrid (Espagne).
PLACE (DE) (Henry), à Commentry (Allier).
PLANHOL (DE), au Petit-Saconnex, 202, à Genève (Suisse).
PLAZOLLES (Eugène), au chemin de fer de la Seudre La Tremblade (Charente-Inférieure).
POINSOT, rue Hauteville, 45.
POLLET (Henri), directeur des mines de Santo-Martinho, à Alcanises, province de Zamora (Espagne).

MM. Poiret (Émile), au Mans (Sarthe).

Poncelet (Antoine), O. ✻ ✻, à Bruxelles (Belgique).

Poncet (Charles), entrepreneur, rue de Madame, 43, à Lyon (Rhône).

Poncin (Frédéric), rue Saint-Saturnin, 6, à Tours (Indre-et-Loire).

Portilla (de la) (Mathieu), constructeur, à Séville (Espagne).

Pot (Charles), rue Dieudé, 18, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Pothier (Alfred-François), rue de Penthièvre, 6.

Pottier (Ferdinand), passage des Eaux, 4, à Passy.

Pouchet (James), rue Bréda, 9.

Pouell, chef de section au chemin de fer du Nord, à Douai (Nord).

Poulot, avenue Trudaine, 9.

Poupard, rue de Longchamps, 40, à Chaillot.

Poupé, à Amiens (Somme).

Priestley (William-Charles), rue du Cherche-Midi, 36.

Princet (Léopold), rue de Bondy, 92.

Prisse (Édouard-Louis) ✻, au chemin de fer d'Anvers, à Gand (Belgique).

Pronnier (Charles), place Saint-Georges, 28.

Prouteaux (Réné-Albert), directeur de la papeterie de Thiers (Puy-de-Dôme).

Prudon (Jean-Marie), rue des Poissonniers, 6, à Saint-Denis.

Pury (de) (Gustave), ✻ à Neuchâtel (Suisse).

Puylaroque (de) (Raymond), rue de Sèvres, 137.

Rancès (Frédéric), rue Sainte-Catherine, 137, à Bordeaux (Gironde).

Raspail (Émile-Jules), rue du Temple, 14.

Redon (Martial), allée des Bénédictins, à Limoges (Haute-Vienne).

Regad (Léon), place Royale, 10, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Régel (de) (Philippe-Constant) ✻, à Strasbourg (Bas-Rhin).

Regnard (Louis-Paul-Antoine), rue Charlot, 15.

Regnault (Jules) ✻, rue de Stockholm, 4.

Renard (Nicolas-François), rue du Bac, 122.

Renard (Lucien), rue Saint-Jean-Baptiste, 9.

Rey (Louis-Pierre-Félix), rue Guillaume, 8 (Ile Saint-Louis).

Reymond (Francisque), entrepreneur, place de la Mairie, à Montbrison (Loire).

Reynaud (Charles), à Cette (Hérault).

Reytier, rue du Cherche-Midi, 34.

Revin (Jules-Henri-Victor-J.), rue Cambraisienne, 92, à Avesnes (Nord).

Rhoné (Charles-Léopold) ✻, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.

Ribail (Xavier), rue du Chemin-de-Fer, 35, à Plaisance.

Richard (Jean-Louis), rue de l'Oratoire-du-Roule, 41.

Riche (Armand), à Suez (Égypte).

Richemond (Emile-Louis), rue Mansart, 11.

MM. Richemont (de) (Nicolas), à Gous, près Kocimoff, gouvernement de Riazan (Russie).
Richomme, rue Saint-Jean, à Pontoise (Oise).
Ridder (de) (Pierre-Octave), rue de Douai, 6.
Robert (Jacques), rue Corneillon, 5.
Robert (Gustave-Louis), à Montigny-lès-Metz (Moselle).
Rocaché (Louis-Jules), rue Chaptal, 25.
Rogé, à Pont-à-Mousson (Meurthe).
Rohart (François-Ferdinand), rue Nollet, 72, à Batignolles.
Rolin (François-Étienne), à Amélie-les-Bains (Pyrénées-Orientales).
Romme (Alfred), à Saint-Quentin (Aisne).
Roseau (Ubald-Ursmar), à Fives, près Lille (Nord).
Rosiés (Aristide), rue des Abeilles, 18, à Marseille (B.-du-R.)
Rouart, rue Oberkampf, 149.
Roussel (Simon), rue Turenne, 95.
Roussin (Étienne), rue des Fossés, 3, à Vitré (Ille-et-Vilaine).
Rouyer (Victor-Léandre), rue de l'Église, 5, à Passy.
Roy (Edmond), sous-directeur de l'École des Arts-et-Métiers, à Lima (Pérou).
Roze (Eugène), fabricant de toiles cirées, rue du Château-d'Eau, 78.
Rozycki (Stanislas), au Creusot (Saône-et-Loire).
Rubin (Arthur), rue de Navarin, 22.
Ruhlmann (Albert-Martin), rue Montebello, 10, à Anvers (Belgique).
Ruolz (de) O. ✻ G. O. ✻ C. ✻, rue du Canivet, 3.
Saillard, constructeur, à Nantes (Loire-Inférieure).
Saint-James, rue de la Cigogne, 5, à Rouen (Seine-Inférieure).
Salleron (Ernest), à Sens (Yonne).
Salvetat (Alphonse) ✻ ✻, à la Manufacture impériale de Sèvres (Seine-et-Oise).
Sambuc (Jules), rue de la Tour, 106 (Passy).
Sautter (Louis), rue Jean-Goujon, 16.
Sauvan-Deleure (Louis), à Belmez, province de Cordoue (Espagne).
Scellier, directeur de l'usine du Pied-Selle, à Fumay (Ardennes).
Schabaver, à Castres (Tarn).
Schivre, au Grand-Hornue, près Mons (Belgique).
Schlincker (Michel-Adolphe), à Creutzwald (Moselle).
Schlumberger (Henri) ✻, au château de Guebwiller (Haut-Rhin).
Schlumberger Hartmann, à Guebwiller (Haut-Rhin).
Schmerber, à Mulhouse (Haut-Rhin).
Schneider (Eugène) G. O. ✻ ✻, président du Corps législatif, rue Boudreau, 1.
Sébillot (Amédée), rue de Bruxelles, 19.
Seebold (Lothaire-François), rue de Dunkerque, 29.
Séguin (Paul), rue de la Ville-l'Évêque, 40.

MM. SER (Louis), rue de Rivoli, 82.

SÉRAFON ✱, rue de la Tour-d'Auvergne, 40.

SERVIER (Édouard), rue Lafayette, 89.

SIEBER, via Borgo Nuevo, 40, à Turin (Italie).

SIMON (Henri), à Manchester (Angleterre).

SIMONIN (Louis) ✱, rue Neuve-des-Mathurins, 103.

SIMONS (Paul), à Maubeuge (Nord).

SOMMEILLER (G.), à Turin (Italie).

SONGAYLO (Adam-Ernest), rue du Parc-Royal, 6.

STILMANT (Philippe-Louis-Aimé), rue de Rome, 115.

STŒKEL (Charles), à Gannat (Allier).

STUMMER (DE), (Charles), rue Lamartine, 7.

SULBERGER-ZIEGLER, à Winterthur (Suisse).

TARDIEU (Henri-Ernest), rue de Famars, 94, à Valenciennes (Nord).

TARDIEU (Georges), rue Monsieur-le-Prince, 49.

TÉTARD (François), rue Du Guay-Trouin, 17.

THAUVIN (Pierre-Jules), à Pise-Fontaine près Triel (Seine-et-Oise).

THÉVENET (Jules), rue de Douai, 61.

THIRION (Charles), boulevard Beaumarchais, 95.

THIRION (Oswald), rue de la Pépinière, 18.

THOMAS (Léonce) ✱, quai Voltaire, 25.

THOMAS (Pierre), rue du Théâtre, 100 (Grenelle).

THOMAS (Frédéric), à Cramaux (Tarn).

THOMÉ DE GAMOND, rue de Bruxelles, 34.

THOUIN (Charles) ✱ ✱, rue de Dunkerque, 20.

THOUVENOT, à Saint-Maurice, canton de Valais (Suisse).

TIQUET (Pierre-Maurice-Gustave), au Magny-Vernois, par Lure (Haute-Saône).

TOURNADRE DE NOAILLAT (Lucien-Henri-Amable), à Murat (Cantal).

TOURNEUX (Félix), rue de la Michodière, 20.

TOURON (Roch-Sylvain), rue de Dunkerque, 18.

TRAZ (DE) (Édouard), rue de Provence, 65.

TRÉLAT (Émile) ✱, rue d'Enfer, 59.

TRESCA, O. ✱ ✱ ✱ ✱, sous-directeur au Conservatoire des Arts et Métiers, rue Saint-Martin, 292.

TRESCA (Alfred), rue Saint-Martin, 292.

TREVELLINI (Louis), à Florence (Italie).

TRONCHON (Jean-Anatole), à Luxembourg (Grand-Duché).

TRONQUOY (Camille), rue du Faubourg-Saint-Denis, 43.

TURCK (Michel), rue d'Amsterdam, 29.

URBAN (Maurice-Pierre), rue des Sols, 23, à Bruxelles (Belgique).

VAESSEN, directeur des ateliers de la Société Saint-Léonard, à Liége (Belgique).

VAILLANT (Marie-Édouard), à Ancy-le-Franc (Yonne).

MM. VALENTIN (Léopold) ✠ ✠, place des Martyrs, 17, à Bruxelles (Belgique).
VALLEZ (Alphonse), rue des Anges, 10, à Valenciennes (Nord).
VALLIER (Émile), rue Saint-Lazare, 142.
VANDEL (Émile), aux forges de la Ferrière-sous-Jougne (Doubs).
VANDER ELST (Lucien), à Braine-le-Comte (Belgique).
VAUTHIER, rue Saint-Lazare, 11.
VÉE (Léonce-Émile), rue de Lancry, 55.
VEGNI (Angelo), à Florence (Italie).
VERDIÉ ✠, gérant des aciéries et forges de Firminy (Loire).
VERET (Jacques), hôtel et passage Violet.
VÉRITÉ (Augustin-Lucien), à Beauvais (Oise).
VERRINE (Louis-Justin), rue Berbizey, 21, à Dijon (Côte-d'Or).
VESCOVALI (Angelo), via Argentine, 34, à Rome.
VIDAL (Victor), ingénieur de la Mission française au Caire (Égypte).
VIGAN (Eugène-Médéric), Cours de Vincennes, 45.
VIGNEAU (Guillaume), à Aiguillon (Lot-et-Garonne).
VIGREUX (Léon), boulevard des Filles-du-Calvaire, 8.
VILLERMÉ, à Trelon (Nord).
VINAY (Pierre-Jules-Émile), rue Vanneau, 38.
VINCHENT ✠, ingénieur en chef de l'État, à Bruxelles (Belgique).
VINIT (Pierre-Arsène), contrôleur au chemin de fer de Lyon, rue Montpensier, 34.
VIRON (Charles-Louis), chef de section du chemin de fer d'Orléans, à la gare, à Châtellerault (Vienne).
VORUZ aîné ✠, à Nantes (Loire-Inférieure).
VUIGNER (Henri-Louis), rue de l'Université, 30.
VUIGNER (Adrien), rue de Bellechasse, 32.
VUILLEMIN (Émile) ✠, aux Mines d'Aniche (Nord).
VUILLEMIN (Louis-Charles) ✠ O. ✠ ✠, rue Réaumur, 43.
WAHL ✠, rue de Bercy, 4, à Paris.
WALLAERT (Auguste), rue Saint-Sauveur, 23, à Lille (Nord).
WATTEVILLE (Charles-Louis), rue Bréa, 25.
WEIL (Frédéric) ✠, rue des Petites-Écuries, 13.
WEST (Paul), rue de Clichy, 43.
WHALEY (Georges), à Sotteville-lès-Rouen (Seine-Inférieure).
WILLIEN (Léon), rue du Faubourg-de-Saverne, 10, à Strasbourg (Bas-Rhin).
WISSOCQ (Alfred), à Charleroi (Belgique).
WOHLGUEMUTH, engeniero del Centro Cientifico, à Barcelone (Espagne).
WOLSKI (Antoine), ingénieur des mines d'Auriol (B.-du-Rhône).
WURGLER (André), rue de Compiègne, 2.
XAVIER (Jean), rue Laffitte, 46.
XIMENEZ (Aureliano), à Ciudad Real (Espagne).

MM. Yvert (Léon), rue de Londres, 58.
Yvon-Villarceau (Antoine) ✻ ✻, à l'Observatoire.

Membres Associés.

MM. Calard (Théodule), rue Leclere, 8.
Chateau, au port Saint-Ouen (Banlieue).
Cordier (Henry-Georges), à Bellefontaine, district de Porrentruy, canton de Berne (Suisse).
Courlet, à Jougne (Doubs).
Davillier (Henri) ✻, président de la Chambre du Commerce, rue Roquépine, 14.
Estoublon, maître de forges, Boulevard de la Gare, 14.
Even, rue Montoyer, 36, à Bruxelles (Belgique).
Milly (de) O. ✻ C. ✻ ✠ ✻, rue de Calais, 12.
Morizot (Édouard), à Bray-et-Lu, canton de Magny (Seine-et-Oise).
Pereire (Émile) C. ✻ ✻, président du Conseil d'administration du Chemin de fer du Midi, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
Pereire (Isaac) O. ✻ ✻, président du Conseil d'administration de la Société générale du Crédit mobilier, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
Robin (Théodore), rue Saint-Lazare, 99 *bis*.
M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer du Nord, rue de Dunkerque, 20.
M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de l'Ouest, rue d'Amsterdam.
M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de l'Est, rue de Strasbourg.
M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, rue de Londres.
M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, rue Laffiitte, nº 17.

Secrétaire-Archiviste.

M. Husquin de Rhéville, rue Buffault, 26.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

1er TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1867

Séance du 4 Janvier 1867.

Présidence de M. E. FLACHAT, *Président.*

L'ordre du jour appelle l'installation des nouveaux membres du bureau et du Comité pour l'année 1867.

M. Nozo, président sortant, prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Avant de quitter le fauteuil où votre bienveillance m'a placé, je vais, suivant l'usage, vous exposer la situation générale de notre Société et rappeler à grands traits les travaux qui vous ont occupés pendant l'année qui vient de finir.

I. ACTES ADMINISTRATIFS.

Siége social. — Mon prédécesseur, vous vous le rappelez, m'avait légué le soin d'assurer vos réunions, soit en prolongeant votre bail qui allait expirer, soit en cherchant un nouveau local, soit encore en reprenant la question de construction d'un hôtel qui devait vous mettre complétement chez vous.

Dès mes premières tentatives d'acquisition d'un hôtel, je reconnus, d'après les prix auxquels on arrivait, la grande difficulté de réaliser le capital nécessaire.

Une proposition de construction d'un hôtel commun pour la Société des architectes et la nôtre m'avait d'abord souri ; après mûre réflexion, cette proposition m'a paru devoir être rejetée comme ne nous laissant pas une indépendance suffisante.

En même temps que je poursuivais les projets de construction, je m'occupais de la recherche d'un local pour le cas où il n'eût pas été possible de conserver le nôtre. Mes recherches dans ce sens furent également sans succès.

Il fallut donc reprendre avec notre propriétaire actuel d'anciennes négociations qui aboutirent à un renouvellement de votre bail, pour 8 années, avec facilité de résilier, moyennant indemnité, si les circonstances le réclamaient.

Médailles. — La médaille spéciale d'une valeur de 500 fr., qui a été offerte par

25 membres pour récompenser le meilleur Mémoire de 1865, a été décernée à MM. Huet et Geyler dans l'assemblée générale de juin dernier.

Dans cette même assemblée, vous avez voté par acclamation la proposition qui vous était faite, au nom du comité, de fonder à perpétuité une médaille en or destinée, comme la précédente, à récompenser le meilleur Mémoire déposé chaque année.

Le comité a considéré cette fondation comme un puissant encouragement aux communications qui alimentent vos bulletins.

Résumé des séances. — Bulletins. — Les résumés de nos séances ont été envoyés aussi régulièrement que possible.

La publication de nos bulletins est au courant; le 4e trimestre de 1866 est sous presse; il sera distribué vers la fin de janvier.

Distinctions. — Plusieurs membres sociétaires ont reçu, pendant l'année, des marques de distinction qui témoignent de plus en plus des progrès que nous faisons, soit dans l'opinion de notre gouvernement, soit dans celle des gouvernements étrangers.

Je suis heureux de rappeler que MM. d'Arcangues, Arson, Débrière, Desgrange, Muller (Émile), Régnault et Vuillemin (Émile) ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur;

Que MM. Mathias, Félix et Castel ont été nommés officiers de l'ordre de Léopold de Belgique;

Que M. Valentin a reçu la croix de chevalier du même ordre et qu'il a été décoré, en outre, de la croix de chevalier de l'ordre des Saint-Maurice et Lazare;

Que M. Cottrau a reçu la croix de chevalier de l'ordre des Saints Maurice et Lazare.

Que MM. Germon et Salvetat ont reçu la croix de chevaliers de l'ordre de Charles III d'Espagne.

Séances. — Nous avons eu pendant l'année 22 réunions; comme mes prédécesseurs, j'ai cru devoir supprimer celles du 6 juillet et du 17 août; en compensation de ces deux séances supprimées, je suis heureux de rappeler les deux remarquables séances de septembre, si bien remplies par les intéressantes communications de M. Lavalley sur les travaux de l'Isthme de Suez.

Souscription au voyage en Afrique de M. Le Saint. — Dans sa séance du 2 décembre, le comité a décidé que la Société participerait à la souscription ouverte pour subvenir aux frais de voyage de M. Le Saint, chargé d'aller explorer l'Afrique équatoriale entre les régions du haut Nil et notre colonie du Gabon. Par ce vote, la Société a voulu donner une preuve de ses sympathies pour l'entreprise si hardie de M. Le Saint, et prendre sa part des frais d'un voyage dont le but est de propager la civilisation, d'étendre nos relations commerciales et d'accroître le champ des connaissances géographiques.

Situation financière. — Notre situation financière, telle qu'elle ressort des comptes présentés par notre cher et zélé trésorier est satisfaisante.

Le nombre de nos sociétaires, qui, en décembre 1865, était de.	790
est aujourd'hui de.	806
avec une augmentation de.	16

Décès. — Cette année, comme l'année dernière, la mort a fait de nombreuses

victimes parmi nous; onze de nos camarades ont été enlevés à la science et à notre affection.

Eugène Devers, ancien élève de l'École centrale, a suivi la carrière d'ingénieur chimiste avec distinction; il a perfectionné les appareils servant à la condensation et à la rectification des acides nitrique et muriatique. Dévoué à la science, il a professé, à Toulouse, un cours de chimie industrielle.

Fauconnier est un de ces glorieux parvenus qui doivent tout à eux-mêmes. Huit ans ouvrier et contre-maître, il est arrivé à devenir le chef d'un important établissement de constructions mécaniques.

Beaucoup d'entre vous se rappellent les magnifiques grues à vapeur exposées à Londres, en 1862, par notre regretté confrère.

Henri Gérondeau a été attaché à plusieurs Compagnies de chemins de fer en qualité d'inspecteur du matériel. Il a dirigé en Belgique la construction et l'installation de machines à agglomérer la houille.

Jules Gosset joignait aux dons de l'esprit des qualités morales plus rares encore. Au collége, de fortes études littéraires et philosophiques aplanirent l'accès des abstractions de la science à son intelligence élargie. A l'École centrale, malgré l'obstacle d'une santé délicate, son ardeur au travail le maintint parmi les premiers. Placé presque immédiatement sous les ordres de M. Flachat, il y puisa la hardiesse dans la conception, l'élan dans l'exécution et, pour tout dire, cet amour passionné de notre art dont l'illustre maître savait enflammer ses élèves. Gosset, en quelques mois, créa de toutes pièces les ateliers de la Compagnie du Midi à Bordeaux, bâtiments et outillage. Nommé ingénieur de la construction du matériel de la Compagnie de l'Ouest, au moment de la fusion des diverses lignes dont elle se compose aujourd'hui, il étudia plusieurs types de locomotives remarquables. Théoricien habile, en même temps qu'homme pratique, il trouva le moyen d'obtenir, avec la coulisse, la même course du tiroir pour tous les degrés de détente. En 1857, notre collègue, M. Ernest Mayer, fit appel à son concours pour l'installation des ateliers de réparation du chemin de fer Victor-Emmanuel. Après ce travail, Gosset entra dans la voie de l'industrie privée. Il prit la direction d'une fonderie de fer qui se débattait contre de mauvaises conditions économiques et qu'il espérait relever par son initiative et son courage. Les capitaux manquèrent, l'ingénieur fut vaincu. Et pourtant, en deux ans seulement, il était presque arrivé à la solution du plus brillant problème de la métallurgie, l'extraction directe du fer du minerai.

Gosset a passé les dernières années de sa vie à lutter contre la phthisie. La mort le frappa au moment où une position lucrative venait de récompenser ses laborieux et persévérants efforts.

Ludovic Lavergne, ancien élève de l'École d'arts et métiers d'Aix, sut s'élever échelon par échelon, à la position la plus honorable. Successivement dessinateur à la Compagnie des ponts en fer, ingénieur de la maison Belfort, Avery et Cie, à Londres, dessinateur au bureau de la voie de la Compagnie de l'Ouest, contrôleur d'usines et inspecteur de la voie dans le même service, il fut nommé, en 1863, inspecteur du matériel fixe. Enlevé à trente-cinq ans, Lavergne n'a pas eu le temps de donner la mesure de ce qu'on pouvait attendre de son mérite.

Michel Machecourt, ancien élève de l'École des mines de Saint-Étienne, a exercé les fonctions de garde-mines et a été ingénieur de plusieurs houillères dans le centre de la France.

Léon Martin, ancien élève de l'École centrale, a été directeur de mines de houille à Saint-Étienne et à Saint-Berain, puis a dirigé la forge à Saint-Julien, près Saint-Chamond.

Charles Nepveu, de tous les membres que la Société a eu cette année la douleur de perdre, a participé le plus activement à ses travaux. Plusieurs fois il a fait partie du comité. Nepveu n'avait puisé d'instruction spéciale à aucune école. La pratique seule le forma. Il débuta sous les ordres de son père, entrepreneur sur la ligne d'Amiens à Boulogne. C'est de cette époque que datent ses études sur la fondation des ponts, qui lui fournirent plus tard le sujet d'un beau mémoire, inséré dans nos bulletins. Après plusieurs années de voyages en Angleterre, en Espagne et en Italie, il fonda à Paris un atelier de constructions mécaniques qui produisit beaucoup de travaux remarquables, notamment le pont de Bordeaux dont Nepveu enfonça les piles par le procédé alors nouveau de l'air comprimé. Au moment de l'Exposition universelle de 1855, chargé de l'installation de la galerie des machines, il sut conduire cette entreprise avec une rapidité extraordinaire. On se souvient encore de l'ingénieux appareil de levage employé au montage des fermes, qui figura parmi les objets exposés. En 1860, Nepveu devint ingénieur conseil de l'entreprise du canal de Suez et se rendit en Égypte, où il séjourna deux ans. En 1864, il obtint l'entreprise du creusement des ports du royaume d'Italie. Pendant le cours de 1865, des travaux considérables furent exécutés dans les ports de Livourne, Naples, Castellamare, Ischia, Brindisi, Trani, Barletta, Ancône, Palerme, Trapani et Girgenti. On devine l'activité et l'énergie qu'exigèrent l'organisation de tant de chantiers et la lutte contre des obstacles locaux sans nombre. Nepveu ne déploya pas seulement dans cette tâche difficile des facultés éminentes; il fit preuve d'une vigueur de caractère qui honore l'homme. Pendant que le choléra régnait à Ancône et à Brindisi, il alla ranimer par sa présence et son exemple le personnel dans lequel commençait à s'introduire le découragement.

Grâce à cette noble conduite, ses employés ne payèrent qu'un faible tribut au fléau qui étendait ses ravages autour d'eux.

Nepveu ne devait pas assister au succès qu'il avait si habilement et si courageusement préparé. Le 7 mai 1866, il succomba aux atteintes de la fièvre typhoïde à Florence, âgé seulement de quarante ans.

Saulnier laisse dans le sein de la Société un vide non moins regrettable. Attaché plusieurs années à la maison de construction de M. Féray, à Essonne, puis ingénieur des ateliers de MM. Ducommun et Dubied, à Mulhouse, Saulnier vint fonder à Paris un cabinet d'ingénieur civil et s'occupa d'installations de forge ainsi que de divers travaux mécaniques.

Nommé ingénieur de la fabrication des billets de la banque de France, il y apporta plusieurs perfectionnements importants.

L'impression à l'encre bleue pour les billets de cent francs est au nombre de ses plus beaux travaux.

Windisch, après avoir étudié la mécanique chez MM. André Koechlin et Comp., à Mulhouse, travailla chez M. J.-J. Mayer, sous M. Charbonnier. En 1844, il coopéra à la construction du chemin de fer de Versailles (rive gauche), sous les ordres de M. Petiet. Attaché, en 1845, à la Compagnie de Saint-Germain et de Versailles (rive droite), il fit les études des locomotives *l'Hercule* et *l'Antée* sous M. Flachat.

En 1847, M. Clapeyron le fit détacher au chemin de fer du Nord pour faire les études des machines à grande vitesse sous les ordres de M. Crampton. Rentré, en 1849, au chemin de fer de Saint-Germain comme chef des ateliers, Windisch fut nommé, en 1852, chef du bureau du matériel de la compagnie du Midi. Enfin, en 1859, il fut élevé au poste d'ingénieur du matériel et de la traction de la grande Compagnie des chemins de fer russes. Le choléra l'enleva à Varsovie le 31 août 1866.

Windisch était chevalier de l'ordre de Saint-Stanislas.

La Société a encore perdu un membre associé, M. *Burt*.

Après cette première partie de mon exposé, parlons de vos travaux.

Commissions. — 1° Une commission a été nommée pour solliciter le concours de la Société d'agriculture et l'engager à joindre ses efforts aux nôtres et à ceux de la Société de géographie pour rechercher d'un commun accord les moyens de mener à bonne fin le nivellement général de la France par M. Bourdaloue. J'ai le regret de vous dire que le seul résultat obtenu jusqu'à présent se borne à une entente parfaite entre notre Société et la Société de géographie, et à la rédaction par M. Michel Chevalier d'une pétition très chaleureuse qui, nous l'espérons, pourra être placée sous les yeux de Sa Majesté l'Empereur, lorsque les trois Sociétés auront pu s'entendre.

2° Une deuxième commission a été nommée pour étudier les dispositions à prendre au sujet de l'Exposition universelle de 1867; cette commission a rédigé un programme qui vous a été distribué et qui détermine le rôle que notre Société devra tenir pendant l'Exposition.

II. TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ.

Classification des travaux. — Je suis heureux de constater que les travaux dont vous vous êtes occupés pendant l'année ont porté sur toutes les branches de notre profession; j'étais donc fondé à dire, en prenant le fauteuil de la présidence, que les travaux de la Société ne se spécialisaient pas dans la personne de son Président; j'éprouve aujourd'hui un véritable plaisir à constater que les chemins de fer n'ont occupé qu'une faible partie de vos séances; l'analyse succincte qui suit en fournit la preuve.

En classant vos travaux dans les quatre sections entre lesquelles se partage votre Comité, d'après vos statuts, nous trouvons :

1° SECTION DES TRAVAUX PUBLICS, CONSTRUCTIONS PARTICULIÈRES, AGRICULTURE.

Mémoire de M. Contamin sur le calcul des poutres en treillis; observations présentées par M. Yvert sur le même sujet.

Communication de M. Pépin Lehalleur sur les progrès réalisés dans l'agriculture par l'application des sciences nouvelles, avec annexe par M. Royon, sur le mode de comptabilité agricole de M. Pépin Lehalleur, dans l'exploitation de son domaine de Coutançon.

Étude de M. Mazillier et communications de MM. Lencauchez, Pouchet et Sayn sur les grands appareils de draguage à sec.

Exposition de la marche des travaux du canal de Suez et des moyens employés pour leur exécution, par M. Lavalley.

Étude par M. J. Flachat et avant-projet de M. Thomé de Gamond pour l'établissement d'un canal interocéanique dans l'Amérique centrale.

Exposé par M. Tronquoy, d'après les notes de MM. Huber et Bourdiol, des travaux du nivellement général de la France, par M. Bourdaloue.

Mémoire de M. Morandière sur les chemins de fer anglais.

2° SECTION DES TRAVAUX GÉOLOGIQUES, SONDAGES, MINES ET MÉTALLURGIE.

Étude sur l'épuisement de la houille et sur le combustible de l'avenir, sujets traités par MM. Simonin et Mazilier.

Communication par M. Brüll sur la catastrophe survenue à la fosse de Marles, dans le bassin du Pas-de-Calais.

Communication de M. Maurice Picard sur l'emploi du coke-scorie dans les hauts-fourneaux.

3° SECTION DE MÉCANIQUE ET SES APPLICATIONS.

Communication de M. Maldant sur un nouveau système de pompe à membranes flexibles en caoutchouc, dites pompes Lacour.

Communication du même sur l'utilisation de la pression de l'eau dans les tuyaux de distribution des villes.

Note de M. Eug. Flachat sur des essais entrepris sur le chemin de fer du nord de l'Espagne pour rendre pratique l'emploi de la contre-vapeur à la descente des rampes.

Communication de M. Morandière sur les ressorts en rondelles de M. Belleville.

4° SECTION DE PHYSIQUE ET CHIMIE INDUSTRIELLES.

Communication de M. Chavès sur l'extincteur et le parafeu de MM. Carlier, Vignau et Fillion.

Essais de communications électriques entre les voyageurs et les agents des trains sur les chemins de fer du Nord, de l'Est et du Midi.

Étude sur l'écoulement du gaz dans les conduites, par M. Arson.

Communication de M. Turk sur les appareils fumivores.

Note de M. Crépin sur le nouveau procédé d'extraction du jus de betterave de M. Robert de Massy.

Messieurs et chers Camarades,

Après le rapide exposé que je viens de vous faire, ma tâche est accomplie; mais avant de céder le fauteuil à l'ingénieur éminent que vous avez choisi pour me succéder, permettez-moi de vous remercier, du fond du cœur, de la bien grande bienveillance que vous m'avez constamment montrée dans nos réunions; permettez-moi aussi de remercier nos dévoués secrétaires de l'active et intelligente collaboration qu'ils m'ont constamment prêtée; permettez-moi enfin de vous assurer que l'année où j'ai eu l'honneur de vous présider, restera dans ma mémoire comme le plus grand et le plus agréable souvenir de ma vie.

Maintenant venez, notre digne et affectionné Président, notre cher maître à tous, venez prendre place pour la septième fois sur ce fauteuil que vous avez toujours occupé avec tant d'éclat, et que la Société a surtout voulu vous offrir, cette année de concours universel, comme à l'ingénieur représentant le plus complétement le génie civil en France.

M. **Flachat** prend place au fauteuil.

Le Président auquel je succède a vu dans votre choix une récompense précieuse. Vous l'avez appelé à ce fauteuil, parce que vous avez reconnu en lui le mérite qui sait le mieux concilier nos sympathies à tous : une carrière frayée à force de patience et de travail, heureusement associée au succès de la plus belle industrie de ce temps. Dévoué au bien, serviable, aimé et respecté dans les ateliers importants qu'il a habilement dirigés depuis longues années, M. Nozo a des titres qui parlent mieux que des éloges. Je profite donc de l'occasion qui m'est offerte de lui dire de votre part à tous que ce qu'il plaît à sa modestie d'appeler une récompense était un hommage des plus légitimes.

Vous m'avez appelé de nouveau à la présidence, malgré mon âge qui, suivant moi, ne me permettait pas de la briguer, et je reviens m'asseoir sur ce fauteuil avec les mêmes vues, formant les mêmes vœux qu'il y a six ans, pour le développement de notre profession, pour que son œuvre grandisse, et pour qu'elle nous donne cette part de considération publique et d'estime de nos amis sans laquelle le travail est ingrat et souvent stérile.

La séance d'installation de la présidence est, pour celui qui se retire, une occasion de revenir sur les faits scientifiques ou industriels importants qui se sont produits dans l'année écoulée et de les résumer. Celui qui lui succède doit, ce me semble, vous parler de vous-mêmes, de vos intérêts : du présent d'abord, et autant que possible des perspectives qu'offre l'avenir.

Deux intérêts nous rassemblent ici : celui qui se traduit par l'utilité de nous connaître et de nous faire connaître, et celui que j'appellerai professionnel qui est de contribuer au progrès scientifique et industriel ou de le recueillir.

Nous n'avons pas, comme les ingénieurs anglais et américains, accès, dans notre propre pays, à toutes les carrières dont l'activité intéresse ses intérêts politiques et industriels. Chez nous, l'État s'est fait ingénieur, constructeur et fabricant, et il en résulte, dans la profession, un classement d'attributions. Le plus grand nombre des ingénieurs civils reçoit, il est vrai, dans l'École centrale des arts et manufactures, un enseignement qui est devenu officiel ; mais jusqu'à ce jour le diplôme de l'ingénieur sorti de cette École n'a pas été admis, à notre grande surprise à tous et malgré la sanction que ses succès lui ont valu, comme dispensant du concours à des postes ou à des fonctions officielles qui sont loin d'exiger une pareille préparation scientifique.

Les Écoles d'arts et métiers apportent aussi à la profession un contingent important composé des hommes que leurs aptitudes spéciales, le désir d'une instruction élevée, et des services notables dans l'industrie ont fait remarquer. Enfin, l'industrie forme aussi des ingénieurs.

La profession est donc composée d'éléments divers et notre Société les rassemble tous, puisque, en outre des trois dernières catégories, elle comprend un certain nombre d'anciens élèves de l'École polytechnique qui ont quitté leur situation officielle pour entrer dans l'industrie et qui se sont réunis à nous.

J'ai voulu rechercher d'abord qu'elle était la direction de nos travaux et les choix que nous avons faits dans les diverses carrières qu'offre la grande industrie des services publics ainsi que l'industrie manufacturière. Je crois devoir vous exposer succinctement le résultat de ces recherches en commençant par l'affectation du personnel des ingénieurs des ponts et chaussées; celle du personnel des ingénieurs civils viendra ensuite. C'est ainsi l'ensemble de la profession que je veux faire passer sous vos yeux.

Le personnel des ingénieurs des ponts et chaussées se compose de 772 Inspecteurs généraux et divisionnaires, Ingénieurs en chef et ordinaires, et élèves.

575 sont inscrits au budget du Ministère des travaux publics.
86 sont employés par les Compagnies en France.
18 d° d° à l'étranger.
93 sont employés soit en Algérie, dans les colonies ou dans les chemins de fer étrangers, à l'École polytechnique, à l'Exposition universelle ou en congé illimité pour d'autres causes que le service des Compagnies.
772

Il y a lieu d'ajouter à ce personnel d'ingénieurs 99 conducteurs principaux qui font fonctions d'ingénieurs ordinaires.

La répartition par grades donne les résultats suivants :

LISTE GÉNÉRALE PAR GRADE.		Cadre inscrit au budget des travaux publics.	Employés à d'autres services ou par les compagnies.
Inspecteurs généraux	33	28	5
Ingénieurs en chef	224	172	52
Ingénieurs ordinaires	459	319	140
Élèves	56	56	»
Total	772	575	197

Sur ces 197 ingénieurs, il en est 104 qui sont employés par les Compagnies de chemins de fer en France et à l'Étranger.

Les augmentations qu'a reçues le personnel des ingénieurs, depuis 34 ans, sont indiquées par le rapprochement suivant entre les années 1833 et 1867 :

	1833.	1867.	Augmentation.	Diminution.
Inspecteurs généraux	23	33	10	»
Ingénieurs en chef	155	224	69	»
Ingénieurs ordinaires	307	459	152	»
Élèves	81	56	»	25
Total	566	772	231	25

Augmentation réelle 206.

L'augmentation du personnel serait ainsi de 36 p. 100 depuis 34 ans.

Mais en ce qui concerne spécialement le service ordinaire des ponts et chaussées, c'est le personnel inscrit au budget qu'il faut comparer.

Comparaison du personnel inscrit aux budgets de 1833 et de 1867.

	1833.	1867.	Augmentation.	Diminution.
Inspecteurs généraux	23	28	5	»
Ingénieurs en chef	145	172	27	»
Ingénieurs ordinaires	293	319	26	»
Élèves	81	56	»	25
Total	542	575	58	25

Augmentation réelle 33.

L'augmentation est donc insignifiante, et c'est pour suffire à des services spéciaux placés en dehors du budget ordinaire que le personnel s'est augmenté en trente-trois ans de 206 personnes.

Les ingénieurs sont, en effet, distribués dans divers services, mais un très-grand nombre en remplissent plusieurs. C'est ainsi que 944 emplois d'ingénieurs sont remplis par 579 seulement.

Voici la distribution des services.

Service ordin. des départ. (non compris 72 conducteurs faisant fonctions d'ingénieurs.)					290
Service hydraulique	id.	3	id.	id.	70
Rivières	id.	5	id.	id.	102
Canaux	id.	4	id.	id.	32
Ports et travaux maritimes.	id.	2	id.	id.	59
Service municipal de Paris					31
Travaux municipaux en France					9
Services divers					18
Travaux de chemins de fer exécutés par l'État				40	270
Contrôle des travaux des chemins de fer exécutés par les compagnies				158	
Contrôle des travaux de chemins de fer en exploitation				72	
Chemins de fer étrangers					5
Ports militaires et Colonies					24
Algérie					22
École polytechnique					5
Exposition universelle					6
Travaux publics en pays étranger					4
Total					944

Ce chiffre de 944 emplois rapproché de 579, qui est celui du personnel, indique qu'en moyenne un ingénieur est occupé à deux services.

Ne sont pas compris dans cette énumération des services des ingénieurs, ceux des

routes départementales, des chemins vicinaux, et autres travaux départementaux ou municipaux qui sont, les uns habituellement, les autres quelquefois, confiés aux ingénieurs.

La comparaison du budget ordinaire des ponts et chaussées en 1833 et en 1867 est à mettre à côté de celle du personnel.

Tandis que le cadre du personnel inscrit au budget ordinaire s'est à peine augmenté, le budget ordinaire s'est élevé de 30 à 50 millions, soit de 66 p. 100. Le budget extraordinaire a pris des développements égaux. Celui de 1866 est de 30,021,000 fr.

En 1834, le budget ordinaire mettait en moyenne 206,000 fr. à la disposition d'un Ingénieur en chef secondé de deux ingénieurs ordinaires. C'est aujourd'hui 292,000 fr. Mais ce n'est là qu'une portion du budget de l'ingénieur, puisque le budget départemental y ajoute une somme de 33,540,000 fr. et que le budget des travaux extraordinaires répartit en outre, entre eux 30 millions.

C'est donc un ensemble de travaux de 100 millions qu'exécutent annuellement les 579 ingénieurs des ponts et chaussées chargés des services ordinaires et extraordinaires.

Mais de ce nombre de 579 ingénieurs, il faut déduire ceux qui sont exclusivement chargés de contrôles divers ou occupés à la construction des chemins de fer pour l'État, ce qui réduit le nombre de ceux qui dépensent les 100 millions consacrés aux travaux publics ordinaire et extraordinaire, à 400 ou 425 au plus.

En résumé, le personnel s'est accru, en dehors du budget ordinaire, de 206 ingénieurs en 33 ans, et cette augmentation a eu pour cause unique la nécessité d'ingénieurs supplémentaires pour des circonstances extraordinaires, puisque les cadres budgétaires sont restés à peu près les mêmes.

Le travail de chaque ingénieur est seulement devenu plus considérable.

Les ingénieurs que l'Administration a prêtés aux Compagnies chargées des services publics sont :

Aux Compagnies des chemins de fer de France [1]	86
Aux Compagnies des chemins de fer à l'étranger	18
Percement de l'Isthme de Suez	2
Compagnies des eaux de Paris et autres	2
Compagnie du gaz de Paris et autres	2
Diverses	3
Total	113

qui, ajoutés aux 10 ingénieurs en disponibilité et à 14 ingénieurs en congé illimité sans destination, font 137 ingénieurs auxiliaires au service de l'industrie privée.

1. Chemin de fer de Paris à la Méditerranée 26
— d'Orléans 18
— du Midi 17
— de l'Ouest 10
— de l'Est 7
— du Nord 4

Outre les 104 ingénieurs prêtés aux Compagnies de chemins de fer par l'Administration, l'État en occupe 40 aux travaux des lignes qu'il exécute directement. Le contrôle des travaux des chemins construits par les Compagnies est exercé par 158 ingénieurs, et le contrôle de l'exploitation par 72. Mais une partie de ce contrôle est confié aux ingénieurs du service ordinaire.

Le contrôle des chemins de fer constitue, vous le voyez, une des parties importantes des services généraux confiés aux ingénieurs.

Ce personnel puise en outre, aujourd'hui, parmi les conducteurs principaux, les ingénieurs ordinaires que les exigences des services locaux rendent indispensables. On en compte, dans le service ordinaire (1866) 72 à coté de 213 ingénieurs; c'est le quart.

CONDUCTEURS.

4031 conducteurs sont attachés au personnel des ingénieurs des ponts et chaussées. 2,250 sont inscrits au budjet ordinaire. Mais la liste de classement n'en comprend que 2,070, soit en moyenne 9,7 par ingénieur ordinaire. 1,424 conducteurs sont en outre employés dans les services spéciaux.

C'est en totalité 3,494. La différence avec le nombre de 4,031 inscrits nominativement s'explique probablement par les travaux extraordinaires.

En 1833 la liste générale des conducteurs en activité comprenait 329 conducteurs. Il est présumable que la différence de 329 en 1833 à 4,031 en 1866 tient à une disposition administrative qui a inscrit sur la liste nominative des conducteurs qui, bien qu'employés dans les travaux, n'étaient pas considérés comme faisant partie du personnel permanent.

Si le nombre des ingénieurs exigés par les travaux extraordinaires ou demandés par les compagnies devait être considéré comme permanent, le personnel des ponts et chaussées serait insuffisant, puisque 99 conducteurs font fonction d'ingénieurs. Si au contraire les causes d'accroissement du personnel venaient à cesser, des 772 ingénieurs composant ce personnel, 575 seulement resteraient inscrits au budjet.

Quant aux ingénieurs civils, deux documents offrent les moyens incomplets peut-être, mais suffisants, de déterminer leur répartition dans les services publics et dans l'industrie manufacturière. C'est l'annuaire de l'École centrale des arts et manufactures dressé par les soins de la Société amicale, et la liste des membres de notre Société.

D'après l'annuaire de la Société amicale, la liste des 24 promotions de l'École centrale des arts et manufactures, de 1832 à 1865 contient 3,209 noms, soit 134 en moyenne par promotion. Mais la liste alphabétique n'en indique plus que 2,251 ; la liste par localité 1,960, et la liste par profession 1,444 ;

Savoir :

Services publics.

Agents-voyers	28
Chemins de fer, télégraphie	362
Entrepreneurs de travaux publics	35
Fonctions publiques	14
Usines à gaz	45
Officiers d'artillerie, génie	25
	504

Industrie et Services publics.

Ingénieurs civils	237
Professeurs	55
	292

Industrie.

Architectes	53
Carrières, ardoisières	15
Produits chimiques	64
Machines, navires	89
Filatures, tissages	63
Forges, etc	110
Glaces, cristaux	32
Manufacturiers	27
Mines, houillères	44
Papeterie	24
Professions diverses	40
Fabricants de sucre, agriculteurs	57
	618

En déduisant de cette liste de 1,414 ingénieurs ceux qui suivent la profession de l'enseignement et du génie civil en général, il en reste 1,122 dont la moitié environ (504) est engagée dans les services publics.

Voici maintenant la liste par profession des membres de la Société des ingénieurs civils.

Nous la donnons telle qu'elle ressort des archives pour 1858 et pour 1866.

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS.

	1858.			1866.
Agriculture	12			14
Chimie	26			47
Chemins de fer français	137	222	260	400
Chemins de fer étrangers	28		60	
Travaux publics	57		80	
Mines et métallurgie	80			110
Mécanique	65			133
Industries diverses	45			102
Total des Sociétaires au 31 décembre	450			806

Ces deux documents permettent de supposer que les ingénieurs engagés dans les services publics composent aujourd'hui du tiers à la moitié du nombre total.

Et maintenant, Messieurs, posons-nous sans réserve cette question vitale. Ceux d'entre nous qui sont dans les services publics, peuvent-ils espérer qu'ils atteindront leur but, c'est-à-dire qu'ils feront œuvre à la fois utile aux intérêts qui leur sont confiés et à eux-mêmes, et qu'ils doivent persévérer avec courage dans le choix qu'ils ont fait?

En répondant à cette question, je me suis donné pour devoir de vous faire partager

la conviction qui m'anime, que les services publics sont vraiment une industrie, et l'industrie la plus attrayante par son but, par la science toujours nouvelle et toujours jeune qu'elle exige, par la responsabilité qu'elle comporte toujours et par le progrès qu'elle fait faire à l'humanité. Elle est, à ce titre, la plus féconde de toutes les industries, et si elle ne laisse à ses acolytes ni trêve ni repos, si elle ne leur donne la plus modeste aisance qu'après de longues années, elle a au moins rempli la vie de satisfactions intimes à nulles autres pareilles.

J'ai pensé qu'en vous faisant le résumé succinct des services publics, résumé aride sans doute, mais intéressant par le sujet, vous puiseriez dans l'examen de cet ensemble l'espoir qui n'a jamais cessé d'être en moi.

Mais avant d'entrer en matière, et comme je ne veux apporter ici ni illusions ni entraînement, laissez-moi vous dire les deux conclusions auxquelles je serai inévitablement conduit.

Il n'y a que deux moyens d'accomplir les services publics : le budget dépensé par les ingénieurs de l'État, ou l'épargne privée confiée à l'industrie avec ou sans le concours du budget.

Ma première conclusion c'est la démonstration par les faits, de l'insuffisance du premier système : non pas comme question de personnes, d'école ou d'esprit : rien ne serait plus opposé à mes convictions, à mes actes, à tous mes antécédents, qu'une pareille interprétation. Est-il d'ailleurs, dans le corps entier des ingénieurs officiels, un seul d'entre eux auquel on puisse reprocher l'insuffisance des ressources financières que le budget peut répartir entre les services publics. Leurs efforts pour obtenir les moyens d'accomplir ce qu'ils croient utile, sont aussi énergiques et persévérants qu'ils sont infructueux. Ce n'est donc pas sur ce terrain que la discussion peut être portée.

Ma seconde conclusion c'est que le seul moyen de mettre les services publics au niveau des besoins du pays, c'est d'y appeler le concours de l'industrie comme cela a été fait pour les chemins de fer. C'est là la clef du progrès rapide, le moyen de développement. L'industrie, c'est l'ardeur, l'activité, la diversité des solutions, la concurrence et la responsabilité directe. C'est l'association puissante réalisant sous le patronage de l'État, les merveilles qui se sont accomplies depuis vingt-cinq ans.

Telle est, Messieurs, la thèse dont je ne chercherai l'appui que dans les faits que vous connaissez en grande partie, mais qui, vus isolément, sont moins significatifs.

Les services publics se divisent en quatre catégories bien distinctes :

1° LES SERVICES EXÉCUTÉS PAR L'ÉTAT ET PAR SES AGENTS OFFICIELS.

C'est : 1° la **construction** et l'**entretien des routes impériales**, des **canaux** et des **ports maritimes**. L'**entretien** et l'**amélioration des rivières**. Les **études** et **projets du service hydraulique**. Le **service des postes** à l'exception des services transatlantiques, la **télégraphie**, les **constructions de la marine impériale**, celle des **armes de guerre**, les **fortifications**, la **fabrica-**

tion de la poudre et du tabac, l'exploitation des forêts de l'État et des bois communaux.

Le budget pourvoit exclusivement aux dépenses de ces divers services.

2° LES SERVICES LOCALISÉS QUI SONT EXÉCUTÉS SUR L'INITIATIVE DES DÉPARTEMENTS OU DES COMMUNES ET PAR DES AGENTS CHOISIS PAR EUX, OU QUI SONT EXÉCUTÉS PAR L'INDUSTRIE PRIVÉE PAR VOIE DE CONCESSION.

Les premiers sont la **construction** et l'**entretien** des **routes départementales** et des **chemins vicinaux**, des **édifices publics civils**; les **égouts**, et la **surveillance** des **machines à vapeur**.

Les dépenses de ces services sont couvertes par les contributions, ressources ou emprunts des localités.

Les seconds sont les **distributions d'eau** et de **gaz** dont les dépenses d'établissement sont à la charge des concessionnaires.

3° LES SERVICES EXÉCUTÉS PAR LE CONCOURS DE L'ÉTAT ET DE L'INDUSTRIE.

C'est la **construction**, l'**entretien** et l'**exploitation des chemins de fer**. L'État participe à la construction, soit par voie de subvention ou de garantie d'intérêt, ou même en construisant directement une partie des chemins dans les conditions de la loi du 11 juin 1842. Il exerce exclusivement et par ses agents officiels le contrôle de la construction et de l'exploitation. Il autorise ses agents à entrer provisoirement dans l'industrie des chemins de fer.

L'industrie privée construit et exploite les chemins de fer. Elle a le choix de ses agents. Les actes de sa gestion sont sous le contrôle de l'État.

Le service des postes, en ce qui concerne les **services transatlantiques**. L'État y participe par voie de subvention et de contrôle; l'industrie privée construit ses navires et les exploite sous le contrôle de l'État.

4° LES SERVICES CONFIÉS EXCLUSIVEMENT A L'INDUSTRIE PAR VOIE DE CONCESSION ET SOUS LE CONTRÔLE DE L'ÉTAT.

Ce sont les **mines**, les **magasins généraux**.

Les services de la première catégorie sont confiés de préférence aux ingénieurs sortis des Écoles des ponts et chaussées, des mines, de l'artillerie, du génie et des eaux et forêts.

Cependant l'administration y a fait entrer dans ces dernières années un certain nombre d'agents n'ayant pas la même origine. Ce sont les conducteurs principaux *faisant fonctions d'ingénieurs*.

Les services de la seconde catégorie ont été confiés par les départements aux ingénieurs des ponts et chaussées en ce qui concerne les routes départementales. Les autres travaux sont dirigés par les agents-voyers, les architectes et les ingénieurs civils.

Dans les services de la troisième catégorie, le contrôle est confié aux ingénieurs des ponts et chaussées et des mines. Ces ingénieurs et les ingénieurs civils parti-

cipent aux services publics confiés à l'industrie privée ; les premiers avec autorisation spéciale de l'administration.

Enfin les services publics de la quatrième catégorie ressortissent du génie civil, mais sous le contrôle des ingénieurs des mines en ce qui concerne celles-ci.

Nous jetterons maintenant un coup d'œil sur chacun de ces services publics pour en faire ressortir les besoins, les ressources affectées pour y faire face et la part d'action afférente au génie civil dans l'exécution.

Mon exposé se bornera, pour certains chapitres, à quelques documents statistiques.

ROUTES ET CHEMINS.	Dépense d'entretien, Paris excepté.
(1864) 38.262 kilom. routes impériales.................	29.000.000 fr.
(1865) 48.366^k routes départementales[1].....................	33.546.000
Il reste à construire une longueur de 725^k, dont la dépense est de 31.650.000	

CHEMINS VICINAUX.

(1864)	82.958^k	grande communication...	43.413.706 fr.	122.330.147 [2]
»	79.504^k	d'intérêt commun.......	31.448.858	
»	367.887^k	ordinaires.............	40.562.663	
		Dépenses diverses.......	6.904.920	
»	530.349	kilomèt. de chemins vicinaux, dont 250.201 restent encore en 1866, à l'état de terrassement ou de sol naturel.		

TRAVAUX EXTRAORDINAIRES.

Allocations annuelles.................	2.500.000 fr.	7.300.000
Rectifications, routes, lacunes de routes..	2.500.000	
Ponts..........................	1.200.000	
Routes de la Corse..................	1.100.000	
Total.................		192.176.147
Il restera, en outre, à dépenser en travaux extraordinaires sur les routes impériales...................................		60.765.000

1.

1862	32.400.000 fr.	dont	20.800.000 fr.	pour l'entretien.
1863	34.150.000	dont	21.200.000	—
1864	33.600.000	dont	21.500.000	—
1865	33.600.000	dont	21.700.000	—

2.

1865 Dépense d'entretien..........................	121.763.410 fr.
Dont en argent..............................	80.807.320 fr.
Prestation en nature..........................	40.956.090

Prix de revient des travaux par mètre de longueur.

Construction des chemins de grande communication........	10 fr.	50
Entretien — —	0	32
Construction du chemin d'intérêt commmun...............	5	15
Entretien — —	0	20
Construction du chemin ordinaire.....................	3	90
Entretien — —	0	4

Sur les 492,000,000 fr. à dépenser dans l'année en travaux ordinaires et extraordinaires, il n'y a que 36,300,000 qui soient centralisés, c'est-à-dire portés au budget de l'État.

L'achèvement des chemins vicinaux est une des plus urgentes nécessités de l'agriculture. La circulation sur les routes impériales a été l'objet de statistiques régulièrement tenues par l'administration. Elle est de 3,200 millions de colliers à 1 kilomètre ou d'environ 1,800 mille tonnes kilométriques, ce qui fait ressortir la charge utile traînée par un cheval à 565 kilog. Elle ne peut donc être qu'au dessous de ce poids sur les chemins vicinaux. Une augmentation de 100 kilog. seulement sur la charge traînée par cheval serait d'un prix inestimable. C'est un intérêt aussi immédiat que l'est la fertilité même de la terre.

Cela est compris, cela est proclamé de tous côtés : on ajoute qu'il est absolument impossible aux communes de porter le fardeau de cet achèvement; cependant quand vient la discussion du budget tout cela est oublié. On ne sortira de cette grave situation que par une solution grande et efficace, tel qu'un appel aux entreprises locales avec concours de l'État, soit comme garantie d'intérêts, soit comme subvention.

RIVIÈRES ET CANAUX. RÉSEAU.

Rivières flottables en trains	3.000	kilomètres.
Rivières navigables	9.600	—
Canaux	4.800	—
Total	17.400	—

Des 9,800 kilomètres de rivières classées comme navigables, 7,000 kilomètres sont seulement navigables, et 3,900 kilomètes ne sont pas à l'état d'entretien.

Il y a seulement en longueur de lignes navigables à l'état d'entretien :

Rivières	5.700	kilomètres.
Canaux	3.825	—
Total	9.525	kilomètres[1].

Sur les 17,400 kilomètres de voies navigables ou flottables, qui pourraient être utilisées, 9,525 kilomètres seulement sont entretenus au moyen des allocations budgétaires, les rivières à raison de 300 fr. par kilomètre et les canaux à raison de 1,000 fr.

Le budget des dépenses des lignes navigables se compose des sommes suivantes :

Rivières,	Entretien ordinaire	1.715.000 fr.
	Grosses réparations	1.000.000
	Crédits spéciaux à huit fleuves et rivières	2.725.000
	A reporter	5.440.000

1. L'exposé de la situation de l'Empire (1867) classe les voies de navigation de la manière suivante :

Rivières classées comme navigables	9.600	kilomètres.
Canaux ou rivières canalisées	5.050	—
Total	14.650	—

déduisant les rivières dont la navigation est presque nominale et les sections auxquelles a été substitué un canal latéral et dont la fréquentation est à peu près nulle. On est conduit à considérer le réseau de navigation de l'empire comme formé d'environ

	6.900	kilomètres de rivière.
	4.450	— de canaux.
Total	11.750	kilomètres.

	Report..........	5.440.000
Canaux, Entretien et réparations ordinaires... 3.910.000		5.110.000
Grosses réparations et travaux neufs.. 1.200.000		
	Total des dépenses ordinaires annuelles....	10.550.000 fr.

Les travaux extraordinaires restant à faire sont évalués à la somme suivante :

Amélioration des rivières............	56.000.000	85.500.000 fr.
Établissement des canaux............	29.500.000	

Sur lesquels il sera dépensé en 1867 :

Pour l'amélioration des rivières....................	7.500.000 fr.
Pour l'établissement des canaux....................	2.500.000

Des sommes semblables avaient été dépensées en 1866, de telle sorte qu'on peut porter en 8 ou 9 ans, le terme de l'achèvement des travaux reconnus nécessaires aujourd'hui.

En résumé, la France offre 17,400 kilomètres de voies navigables, dont 9,525 seulement sont utilisées. Mais la plupart de ces dernières n'ont pas un tirant d'eau suffisant; le régime en est irrégulier. La navigation par le touage, cette application qui semble si facile, n'est faite que sur une seule rivière; le remorquage à vapeur sur deux; les bateaux à vapeur ne circulent régulièrement que sur cinq d'entre elles.

Un objet de trop grandes dimensions pour passer sous les ouvrages d'art des chemins de fer, tel que les fragments des chaudières des navires transatlantiques, partis du Creuzot et arrivés en Loire par le canal du Centre, peut y être arrêté pendant quatre mois, faute d'une profondeur d'eau régulière de 1m,35. Le fait est récent et se renouvelle souvent depuis bien des années.

Nulle part les voies navigables ne servent avec leur supériorité économique naturelle au transport régulier du minerai, de la houille, des matériaux; elles sont toutes entachées d'un vice originel : les canaux manquent de dimensions; les embarcations qui les fréquentent devraient pouvoir porter 1,000 tonnes, elles en portent au maximum 250. La navigation des rivières a été rétrécie par les ouvrages d'arts et par le défaut de tirant d'eau en conséquence de la faible dimension des écluses des canaux avec lesquels elles étaient reliées.

Pour mettre nos lignes navigables dans de bonnes conditions de service régulier et de transport économique, et pour les faire servir d'auxiliaire utile aux chemins de fer, il faudrait disposer les ouvrages d'art, le lit ou la section de ces voies de manière à permettre un accroissement considérable dans les dimensions des embarcations. A cette condition seulement le halage est avantageux; mais un tel but ne peut être atteint qu'au prix d'une énorme dépense dont la moyenne pourrait s'élever jusqu'à 350,000 fr. par kilomètre, sur 15,000 kilomètres, soit 5,250,000,000 fr. L'Administration obtient à grand'peine 10 millions par an. Telle est l'insuffisance du système de centralisation des travaux publics dans la limite des ressources du budget.

Sous le rapport technique cette insuffisance éclate à la fois, dans le défaut d'utilisation des voies navigables et dans le coût des transports. Les trains des chemins de fer peuvent être de 500 tonnes : les bateaux portent moitié. Les chemins de fer transportent 5,150,000,000 tonnes à 1 kilomètre, les voies navigables n'en portent pas la moitié (2,360,000,000, en 1862); le coût moyen de la tonne transportée à 1 kilomètre par les voies navigables varie entre 4 et 5 centimes, cependant il n'y a pas de motif pour qu'il coûte plus cher que le transport par la voie maritime, qui varie entre 1 cent. et 1 cent. 5, puisque les voies navigables sont entretenues par l'État.

SERVICE HYDRAULIQUE ET AMÉLIORATIONS AGRICOLES.

Ce service, qui comprend les études les plus précieuses à l'agriculture, telles que les dessèchements, le drainage, les irrigations, les routes agricoles, l'emploi en culture des relais de mer, les règlements des cours d'eau des usines, leur curage, l'étude aussi du régime des inondations et les moyens de les rendre fécondes, est issu d'une pensée à la grandeur de laquelle il faut rendre hommage. Une Administration centrale qui met devant le personnel de ses ingénieurs un tel but à atteindre mérite la reconnaissance du pays.

Mais entre la pensée et l'exécution, des obstacles insurmontables se sont élevés, et malgré la plus louable persévérance, le succès ne justifie pas encore l'espoir qu'on avait conçu.

Parmi les obstacles, nous en citerons quatre dont un seul suffirait pour expliquer l'échec auquel nous assistons.

1° La réglementation administrative qui reporte l'instruction et la solution des affaires à l'Administration centrale. Aucun des travaux du service hydraulique n'est absolument localisé, municipalisé.

2° La situation nomade des ingénieurs officiels dont les services et la résidence sont trop souvent changés et déplacés. Il leur est à peu près impossible de s'identifier avec les intérêts locaux.

3° L'absence de ressources budgétaires.

4° Les difficultés de la législation civile et la complication qu'y apporte la juridiction administrative.

Nous serons conduits par l'exposé des travaux de l'un de nos habiles collègues, de la transformation des relais de mer de Noirmoutiers en fertiles polders, à connaître les détails inextricables des formalités administratives du service hydraulique qui enveloppent dans leurs mailles serrées toute initiative privée.

Qu'il suffise d'un seul fait : fait bizarre au plus haut degré, et qui donne la clef de ces entraves. Tout le littoral français appartient au Domaine; il est centralisé! Nul riverain ne peut étendre sa propriété d'un mètre sur l'Océan ou sur la Méditerranée sans la permission de quatre Ministres. Il peut profiter jusqu'à un certain point des accidents naturels, mais encore cela peut lui être contesté. Il n'a pas le droit d'aider la nature, quelque féconde que puisse être son aide.

Il n'est pas besoin de dire que la France est seule dans ce cas et que dans les autres pays les parties du littoral maritime qui n'intéressent pas la défense des côtes ou les accès des ports, en un mot les parties dont la conservation n'est pas d'intérêt public sont l'objet des ingénieux efforts des riverains. En France c'est, au contraire, l'abandon général et absolu de l'initiative privée; le droit de possession de l'État a amené la perte d'une richesse considérable, perte qui grandit chaque jour.

Ce n'est pas que lorsque de grands fléaux se montrent sur le littoral l'Administration n'y porte remède : la plantation des dunes, les moyens de prévenir les désastres des inondations le prouvent assez. La crue de la Loire en 1846 avait causé aux particuliers une perte de.. 177 millions.

Elle avait détruit des travaux d'art pour.............................. 28

Le total des pertes fut de............... 205 millions.

Une somme de 31 millions a été dépensée pour prévenir les mêmes désastres qui pouvaient se reproduire périodiquement. La crue de 1866 est venue; elle était un

peu moins forte. Ses ravages ont porté sur d'autres points. Les pertes particulières n'ont pas dépassé.. 44 millions.
La destruction des ouvrages d'art a été de........................ 12
Total.................. 56 millions.

C'est un peu plus du quart des désastres de la crue de 1856. Mais il y a lieu d'espérer que les travaux projetés par l'Administration continueront à combattre avec succès ce grand fléau dont le retour attriste le pays et humilie les ingénieurs. Cet espoir se fonde sur les savantes études de M. Comoy, lumineusement résumées par M. Béhic dans le rapport duquel les solutions techniques sont présentées largement au public. La discussion est pour ainsi dire appelée, mais, il faut bien le dire, cet appel libéral et rassurant a trouvé le pays muet; ce n'est pas qu'il soit absolument rassuré, mais il a été habitué à rester étranger à des questions où ses intérêts sont cependant intimement engagés. La responsabilité de l'action individuelle est nulle ici, moralement et matériellement; elle repose et elle s'impose sur l'Administration. Il a fallu que cette responsabilité fût compromise par le renouvellement partiel d'un grand désastre pour que l'Administration sentît la nécessité de donner au pays la preuve de sa constante sollicitude. Sans doute, elle a prouvé qu'elle n'avait pas un instant perdu de vue d'aussi graves intérêts, mais ses travaux mêmes ont également prouvé par leur insuffisance que, sur la Loire, comme sur tous les autres fleuves à régime irrégulier, les ressources budgétaires font défaut à son zèle.

Dans le service hydraulique, comme dans les précédents, c'est par millions qu'il faudrait compter pour exécuter les travaux indispensables. Le budget des travaux extraordinaires les porte à 17,235,500 fr., sur lesquels 2.943,800 seront dépensés en 1867; mais ces sommes s'appliquent principalement aux routes agricoles et aux canaux d'irrigation; la part des travaux relatifs à la zone d'inondation par les crues des rivières y est à peu près nulle.

Les études d'irrigation, de desséchement et de drainage sont portées pour 555,000 fr. au budget de 1867.

L'ensemble des services hydrauliques est des plus intéressants pour le pays. Ils se trouvent en contact avec lui, avec l'initiative privée, par mille points divers, c'est donc un de ceux où le système qui consiste à tout attendre du budget échoue le plus complétement.

PORTS ET TRAVAUX MARITIMES.

La France voit chaque jour sa marine commerciale décroître, en ce sens que l'armement est la seule grande industrie qui reste en arrière de toutes les autres.

A une époque déjà loin de nous, la France était la première des nations maritimes. Quatre foyers dans lesquels l'industrie d'armement s'appuyait sur des ports facilement accessibles, et sur un mouvement local à la fois manufacturier et commercial, qui paraît nécessaire à la vie de cette industrie, étaient en pleine prospérité. C'étaient Rouen, Nantes, Bordeaux et Marseille. De ces quatre ports trois ont disparu sous l'influence de deux causes, l'accroissement de la dimension des navires et l'abandon par l'art, disons plutôt par le budget, des moyens de conserver leurs accès.

Excepté à Marseille où l'industrie navale trouve des ressources de construction et d'exploitation ainsi que l'aliment commercial de ses opérations, l'armement n'est

presque plus une des industries de la France. Les armateurs de Rouen, de Nantes et de Bordeaux n'ont pas été remplacés, et sans les chemins de fer il ne serait plus resté à ces trois villes ni industrie, ni commerce. Nos deux plus beaux ports sur l'Océan, Brest et Cherbourg, surgissent à peine au mouvement commercial en luttant contre l'étreinte des intérêts militaires pour lesquels les belles dispositions que la nature leur a données sont une ressource précieuse. Reste le Havre dont la profondeur est insuffisante; dont l'entrée, la surface de quais et de bassins laissent tant à désirer.

Il ne se trouve pas de place le long des quais du Havre pour le plus petit atelier de réparation de l'un des services publics les plus intéressants, celui des transatlantiques; pas de place pour les chantiers de construction; tout établissement nouveau de construction des navires en fer y trouverait des difficultés infinies.

La limite des dimensions des navires auxquels le port est accessible y est atteinte, même dépassée, et le préjudice qui en résulte pour le pays s'accroît tous les jours.

Sans ports, pas d'armateurs: sans armateurs, pas d'industrie d'armement. A toute industrie, il faut un instrument. Cet instrument a péri. Tel est le cercle vicieux où notre marine commerciale est enfermée.

Le mal est d'autant plus grave que les établissements des ports devant être affranchis de tout péage ne peuvent être qu'indirectement l'objet d'une spéculation industrielle. Leur utilité est générale; ce sont les gares des chemins de l'Océan. L'intérêt public doit les creuser, les étendre, y faciliter les grands établissements qui constituent l'industrie d'armement, y attirer ainsi les populations actives.

L'Administration a toujours demandé, mais elle n'a jamais obtenu les moyens de remédier au mal. Le budget lui alloue annuellement 3,150,000 fr. pour l'entretien et les réparations de tous les ports français; et en crédits spéciaux 1,900,000 fr.

Ces faibles sommes ne remédient pas même aux seuls accidents naturels. Les ports du Havre et les bassins de Saint-Nazaire, les passes de la Loire, celle de la Gironde s'ensablent et s'envasent progressivement.

L'Administration a fait faire le devis des travaux extraordinaires indispensables dans 37 ports de France; il monte à 72,274,000 fr. en dépenses restant à faire. Sur cette somme, il lui est alloué 10 millions à employer en 1867. A sept ans la fin de ces travaux.

Les rapprochements suivants donneront une idée de ce qu'il y a à attendre du budget pour le grand intérêt de notre marine commerciale :

A Dunkerque il faudrait dépenser	12.700.000	il est alloué	500.000	fr.
Au Havre, id.........	5.140.000	—	1.000.000	—
A Brest, id.........	7.500.000	—	900.000	—
A Saint-Nazaire, id.........	14.690.000	—	900.000	—
A Bordeaux, id.........	3.055.000	—	300.000	—
A Marseille, id.........	6.575.000	—	1.350.000	—
Les phares demandent..........	1.170.000	—	400.000	—

Qui nous donnera des ports? quelle est la combinaison financière dont il faut les attendre? En est-il une à laquelle la participation de l'industrie ne soit pas indispensable?

Plaçons à côté du besoin et de l'impossibilité apparente d'y satisfaire, un grand exemple. Deux compagnies de chemins de fer de second ordre, ont, en Angleterre, construit récemment deux ports, ceux de Grimsby et de Hartlepool. Elles y ont dépensé 56,600,000 fr. Ces deux ports sont des modèles. Ils sont ouverts à toutes les marines.

Les installations de bassins, quais et appareils mécaniques y sont telles qu'un navire n'y reste pas pour y prendre un chargement de 5 à 800 tonnes beaucoup plus d'heures que n'en reste un wagon de 10 tonnes dans les gares de chemins de fer pour laisser et reprendre son chargement. C'est donc en greffant un grand intérêt sur un autre intérêt plus grand et plein de vitalité que l'Angleterre a obtenu deux beaux ports. Ce ne sont pas les seuls dont les compagnies de chemins de fer l'ont gratifiée.

Il faut donc cette fois encore en appeler du budget au concours de l'industrie.

CHEMINS DE FER.

Quelques lignes suffiront ici :

L'histoire des trente dernières années est là pour dire quels pénibles efforts a exigé l'enfantement des chemins de fer, et quels merveilleux résultats ont suivi l'appel fait par le Gouvernement à l'industrie. Ne jugeons que par ces résultats.

Sur les 9,424,831,260 fr. que coûteront les 21,500 kilomètres de chemins de fer dont 14,506 sont achevés, l'industrie privée aura apporté 7,980,000,000 fr[1]. Elle a construit ces chemins dans d'assez bonnes conditions pour que le voyageur puisse être transporté à 1 kilomètre, au tarif moyen de 5c,53 et la tonne de marchandises à 6c,08, tandis qu'en Angleterre ce tarif moyen est de 8c,7 pour le voyageur et pour la tonne de marchandises; et le tarif français donne cependant aux capitaux un produit plus élevé dans le rapport inverse qu'il ne l'est en Angleterre, où sa moyenne est de 4,64 p. 100. Quelle plus éclatante preuve de la fécondité du système que de voir ainsi dépassés en France, les effets de la libre concurrence obtenus en Angleterre, dans le pays même où elle est le plus ardente.

Sous l'effort infatigable et incessant du travail d'un noyau d'ingénieurs, d'un millier environ, le progrès marche à une réduction graduelle du prix des transports. Nos cinq écoles y fournissent un contingent considérable en rapport avec la part de contrôle et d'action de l'Administration, avec l'instruction mécanique et les aptitudes spéciales; enfin les ateliers aussi enfantent des hommes qui surgissent avec éclat; une concurrence personnelle, mais sans jalousie, tient les esprits éveillés sur les améliorations possibles ; l'ordre, la règle, l'économie, une comptabilité irréprochable et que s'assimilent les autres grandes industries, font, des chemins de fer, l'ensemble merveilleux de ce que peut produire d'activité et de bien le concours de toutes les forces sociales.

Sur l'avenir des chemins de fer bien des systèmes se construisent. Les uns disent : « Puisque le capital prélève 54 p. 100 des recettes, que l'État le rembourse donc de suite pour réduire les tarifs de moitié. Portons ces 8 milliards à la dette publique. La prospérité que fera naître cet abaissement du prix des transports aura bientôt abaissé l'intérêt de la rente, et les 8 milliards pèseront à peine sur l'impôt. »

Que ceux qui veulent que le présent se charge de toutes les dettes de l'avenir se rassurent. C'est la tendance des sociétés modernes, c'est leur beau côté moral. Mais la mesure en tout est la loi du jour, et les combinaisons par lesquelles le pays pourra obtenir l'abaissement du prix des transports, surgiront à leur heure, mais à une seule condition, c'est que l'industrie, c'est-à-dire les grandes associations, appelant l'épargne

1. La dépense moyenne d'établissement sera par kilomètre de chemin de fer de 447,735 fr. dans laquelle la part des compagnies sera de 379,097 fr. et celle de l'État de 68,368 fr. (*Exposé de la situation de l'Empire*, 1867.

privée, en seront le principal instrument. Elles surgiront d'abord par les progrès de l'art, et par le développement même des transports. Ces deux causes exercent une action lente, mais sûre. Cependant, aujourd'hui, le moyen principal d'abaisser le prix des transports, c'est de compléter les chemins de fer, non-seulement par leur propre extension, mais aussi par l'amélioration des voies navigables, des routes et des chemins vicinaux. Le point de vue technique des voies de navigation est totalement changé; leur lenteur même, leur régime irrégulier, les accidents atmosphériques qui y causent des interruptions, les excluent des grandes distances à parcourir. Qui songerait aujourd'hui à la ligne navigable de Dunkerque à Marseille, à celle de Nantes à Strasbourg; du Havre à Bâle sur lesquelles on a tant écrit et par lesquelles devait s'opérer le transit des produits exotiques qui, de nos ports, iraient gagner l'intérieur du Continent.

Les voies navigables ont un autre rôle à jouer : c'est d'aider les chemins de fer; et ce ne serait pas l'un des moindres intérêts de nos discussions si le Gouvernement voulait convier l'industrie à leur exécution. Il le fera, gardons-nous d'en douter. C'est son seul refuge contre l'impuissance budgétaire.

SERVICES MUNICIPAUX. EAU. GAZ. ÉGOUTS. SURVEILLANCE DES MACHINES A VAPEUR.

Ces services puisent dans les questions d'hygiène et de bien-être un intérêt qui prend une importance considérable. Ils ont pour notre profession l'avantage inappréciable de n'être point centralisés. Ils s'offrent à notre activité, à notre savoir-faire, à nos aptitudes spéciales. Nous avons la carrière ouverte sur ce terrain, il dépend de nous d'y entrer et de la parcourir avec profit et indépendance.

Nous y avons cependant marché avec lenteur, et cette lenteur ne s'explique que parce que notre profession est peu répandue encore sur le territoire. Consultez, pour vous en rendre compte les listes des domiciles des membres de cette Société ou des ingénieurs sortis de l'École centrale; ils habitent presque tous les grands centres qui offrent à leur activité plus d'occasions de s'utiliser. Le travail est encore trop inégalement réparti en France, pour occuper fructueusement des ingénieurs de manière à les signaler au choix des municipalités. La liste des membres des Commissions départementales chargées de la surveillance des machines à vapeur, à laquelle les aptitudes et les habitudes de travail de l'ingénieur civil l'appellent naturellement, constate un nombre d'entre eux infiniment petit. C'est avec une surprise pénible que j'ai recueilli ce fait.

POSTES. SERVICES TRANSATLANTIQUES. TÉLÉGRAPHIE.

L'Administration des Postes a appelé l'industrie à concourir aux transports transatlantiques. Elle l'a fait de guerre lasse, après avoir reconnu l'impossibilité d'obtenir des services gouvernementaux des résultats pratiques. L'industrie lui a apporté 150 millions et son matériel naval a mis immédiatement la France au niveau de l'Angleterre pour la vitesse de marche et le confort des voyages.

Pour les transports à l'intérieur, cette Administration suit une autre voie. Elle a imposé aux Compagnies de chemin de fer la gratuité des transports. C'est là une des malheureuses conséquences de l'insuffisance du budget. Or la gratuité est un sacrifice qui a une mesure, et la mesure est comble. En Angleterre, où le service est payé, la rapidité et la fréquence des distributions, la multiplicité des points de

répartition, amènent un accroissement considérable de la correspondance, et l'abaissement de la taxe vient ensuite lui donner la plus vive impulsion.

Londres reçoit par jour	5	courriers de	6	villes[1]	(les plus importantes).
— —	4	—	15	—	
— —	3	—	73	—	
— —	2	—	393	—	

A quelle cause faut-il attribuer l'incroyable différence qui existe à cet égard entre le service anglais et le nôtre? Elle est simple :

Le service des postes est une grande industrie; proportionnez la dépense au produit à en attendre; vous amènerez infailliblement un plus grand revenu. Si on espère produire sans dépenser, le service et le pays en souffriront. Le service postal a voulu se greffer sur les chemins de fer et leur emprunter jusqu'à leur substance vitale; la greffe a produit une branche gourmande il est vrai, mais qui ne rapportera pas tous les fruits à en attendre tant que la gratuité des transports imposée aux chemins de fer sera la base du système.

Quant à la Télégraphie, elle est centralisée comme la Poste et elle impose aussi, autant qu'elle le peut, les exigences de son propre service aux entreprises particulières chargées, comme elle, de services publics. Mais ce n'est là que demi-mal.

La télégraphie électrique est destinée à s'infiltrer dans nos habitudes; elle deviendra une nécessité privée dans les domiciles, un moyen de communication de maison à maison; elle remplacera, en partie, la correspondance, les ordres à transmettre dans les usines, dans les mines, dans la navigation; il faudra la trouver partout. Elle prendra, enfin, un développement dont il est impossible d'apercevoir les limites.

La grandeur, le merveilleux du phénomène auquel elle doit son origine aurait dû lui valoir la plus vive sympathie du Gouvernement dès son apparition à l'état pratique. Personne n'aurait supposé qu'une des plus grandes inventions des temps modernes, celle sur laquelle la science a à s'exercer le plus utilement, où les ressources de l'esprit d'invention peuvent conduire à tant d'autres merveilles, pût être, par une raison politique retirée de la circulation des idées, des intérêts, et frustrée des patientes recherches de la science que provoque le stimulant de l'industrie. Que ce fait se soit produit de nos jours, c'est ce qui ne peut trop surprendre.

Heureusement, le mal est trop grand pour durer. On comprend l'intérêt général qui a conduit à la centralisation du service des postes; il y a là un avantage technique pour tout le monde. C'est pour ainsi dire une condition d'économie et de rapidité. Mais pour la télégraphie, on n'aperçoit aucune raison à cette centralisation. Un intérêt politique pouvait être momentanément le prétexte d'un pareil acte, mais il est aujourd'hui devenu si facile de concilier cet intérêt avec la liberté de l'industrie télégraphique que nous devons espérer la prochaine émancipation de l'une des plus belles découvertes de l'esprit humain. Elle sera, n'en doutons pas, suivie de progrès merveilleux qui nous rendront, sous ce rapport, le rang que nous avons perdu et dont le succès du câble transatlantique nous montre l'infériorité actuelle.

L'État fera pour la télégraphie ce qu'a fait le gouvernement anglais, il l'affranchira et la patronera.

1. Rapport du Post-Master, 1864.

CONSTRUCTIONS NAVALES DE LA MARINE MILITAIRE. ARMES DE GUERRE. MATÉRIEL, APPROVISIONNEMENTS ET TRANSPORTS MILITAIRES. FABRICATION DE LA POUDRE.

L'industrie n'est pas appelée par l'Administration à l'exécution des constructions navales. Celle-ci veut avoir ses chantiers et ses ateliers. Elle a raison. Mais a-t-elle autant de motifs d'en faire un usage aussi exclusif. La réponse à cette question nous est fournie par l'Angleterre et par les États-Unis. Les deux marines militaires de ces États ont des chantiers et des ateliers, mais elles emploient ceux de l'industrie, de préférence. Leurs commandes ont créé des établissements de premier ordre dont l'industrie a profité largement. Là est la seule voie salutaire. Au moment où des circonstances imprévues exigent de grands développements de forces, c'est à l'industrie qu'il faut les demander. Si on l'a négligée ou repousseée, elle n'est pas prête, et ce que l'on a préparé pour soi avec un esprit d'exclusion, est insuffisant.

Quelque savante que soit une arme, son isolement de l'industrie la conduit à un échec pénible et humiliant. Nous venons d'en avoir un triste exemple pour la plus élémentaire de nos armes. En voici un autre moins grave, mais tout aussi significatif.

La poudre française fabriquée pour l'exploitation à la mine est plus chère du double que les poudres anglaises ou belges, et sa qualité leur est inférieure dans un rapport inverse. Le percement des souterrains des chemins de fer à l'étranger a révélé ce fait inattendu.

Cette courte revue des services publics fait reconnaître qu'ils constituent la plus considérable de toutes les industries, celle où tout nous appelle : l'intérêt qui s'attache aux œuvres qui ont le bien public pour résultat immédiat, aux œuvres de patience et de persévérance où l'on est toujours récompensé, au moins moralement, par le succès; enfin la grandeur du but.

Si nous plaçons en première ligne l'amélioration de la viabilité, que ne reste-t-il pas à faire? Nous sommes en face de deux peuples producteurs dont nous avons la prétention d'être les égaux en civilisation. La viabilité économique est constituée chez eux comme chez nous, par les chemins de fer, les lignes navigables et la voie maritime; mais les transports sont distribués chez eux bien plus favorablement sur ces trois espèces de voies de circulation. La voie maritime transporte les matières au prix de 1 centime par kilomètre environ; elle y prend la plus grosse part des transports. Les voies navigables des États-Unis ressemblent, sous beaucoup de rapports, à la voie maritime, et les chemins de fer transportent au prix de 6 à 8 centimes. La moyenne relative de ces trois prix peut être entre 3 et 4 centimes.

En France, les chemins de fer font la plus grande partie des transports au taux moyen de 6c,08, mais les voies d'eau et la voie maritime ont des frêts qui ressortent en moyenne à 4c,5. Leur part est très-faible dans les transports. Les transports se distribuent en France en tonnes de marchandises à 1 kilomètre, de la manière suivante :

5,000,000,000	tonnes à 1 kilom.	sur nos	12,390 kilom. de chemins de fer (1864).
2,360,000,000	—	—	11.250 kilom. de voies navigables (1862).
1,600,000,000	—	—	37,352 kilom. de routes impériales (1857).

La proportion devrait être inverse en ce sens que la somme des transports par les

voies navigables et les routes impériales devrait dépasser les transports par chemins de fer de tout ce dont notre production territoriale excède les importations des produits exotiques.

Il y a là une cause d'infériorité pour la France qui doit disparaître.

Nous avons donc pour véhicule de notre profession dans cette partie des grands services publics un intérêt national, qui est aussi immédiat qu'il est urgent pour la prospérité industrielle du pays.

Sans les chemins de fer, le travail n'eût pu prendre les développements que les vingt dernières années signalent, car les transports qu'ils effectuent seraient matériellement impossibles autrement que par eux. Mais pour que le travail suive sa marche ascendante, il faut que les instruments dont il dispose s'améliorent et s'étendent.

Cette amélioration, ce sont les progrès techniques qui peuvent la produire, et ces progrès c'est à l'industrie qu'il faut les demander, parce que seule elle les engendre et sait les assimiler à l'activité du pays.

Tout ce qui n'est pas avec elle est contre elle, parce que ce qui n'est pas avec elle languit, encombre et arrête sa marche.

Maintenant, messieurs, revenons sur la question personnelle, celle qui nous touche directement; et pour comprendre nos intérêts, nos droits et nos devoirs, jugeons sainement le milieu où nous sommes.

Les services publics sont accomplis avec toute l'activité et la fécondité que le pays doit en attendre quand l'État les confie à l'industrie; quand il leur donne à la fois un concours d'argent, un patronage puissant, une sanction qui recommande au pays ces entreprises et appelle à elles l'épargne privée. L'exemple des chemins de fer et des services postaux transatlantiques est là pour le prouver.

Que l'Administration applique aux voies navigables le système qu'elle suit pour l'établissement du nouveau réseau des chemins de fer, mais dans le but unique de faire servir l'un à l'autre; qu'elle achève aussi rapidement les chemins vicinaux, et dans dix à quinze ans les prix de transports sur les chemins, les routes, les voies navigables et les chemins de fer seront réduits au point que la France n'aura rien à envier à aucun pays sous ce rapport. Les prix de revient des produits agricoles et industriels éprouveront une diminution graduelle qui nous permettra de l'emporter sur les marchés étrangers.

Cette conséquence est incontestable, elle l'est pour tous les services publics auxquels le Gouvernement appellera l'industrie en l'appuyant de son puissant patronage.

Ce patronage, il est vrai, n'est pas donné sans conditions, et ces conditions sont toujours sévères ; c'est d'abord un contrôle vigilant, actif, détaillé, confié à des agents choisis parmi les ingénieurs les plus habiles et les plus expérimentés; c'est encore l'obligation de faire tout ce que ferait le Gouvernement lui-même dans l'intérêt de la sécurité publique et dans la voie de l'ordre et de l'économie.

En donnant aux grandes associations le droit de faire appel, sous sa garantie, à l'épargne privée, le Gouvernement se réserve le contrôle de l'emploi de cette épargne. Il ne peut agir autrement. Ce contrôle est son droit, c'est aussi son devoir. Lui disputer ce droit, ce serait l'obliger à fermer la main protectrice et bienfaisante que l'intérêt public lui conseille d'ouvrir.

Ce contrôle s'est exercé de nos jours de deux façons. Une administration spéciale a été créée pour l'exercer ; elle est confiée aux hommes sortant de l'École qui a produit tant de notoriétés scientifiques, tant d'illustrations, qu'on ne peut qu'être reconnaissant envers le Gouvernement d'avoir puisé à cette source.

De plus, les associations elles-mêmes sont allées pour la plupart au-devant de ce contrôle, en confiant aux hommes ayant le même caractère public, la direction de leurs principaux services.

Vous avez vu dans quelle mesure elles les ont appelés. 86 ingénieurs des ponts et chaussées sont entrés dans les Compagnies. Mais votre Société seule y compte 400 de ses membres, et il est supposable que 100 ou 150 autres ingénieurs, sortis en grande partie des Écoles savantes, des Écoles d'arts et métiers et des ateliers s'ajoutent à ce nombre. Il a presque doublé depuis dix ans.

Voilà la proportion des deux éléments :

Quand on en cherche les causes avec impartialité, c'est-à-dire avec un détachement raisonné des préventions qui semblent les plus naturelles, on arrive nécessairement à la vérité, ou bien près d'elle. Pour moi, je considère ce partage comme ayant réussi à recommander au pays les Compagnies de chemins de fer. S'il eût été introduit à l'état de système, il eût été moins profitable : introduit sans esprit d'exclusion, il a été accueilli et il s'est installé de lui-même. Ne perdons pas de vue que l'industrie est ici l'obligée ; elle est devant son protecteur naturel, devant son patron, celui qui lui apporte les ressources qu'elle emploie ou les moyens de les obtenir. Acceptons donc la part d'action qui nous est laissée, acceptons-la sincèrement ; disons que nous sommes six *avec un*, et que cet *un* ne peut que nous garantir l'avenir, car il puise dans l'industrie la connaissance de ses besoins, de ses ressources, de ses qualités, comme de ses défauts. Il apportera plus tard, dans les hautes fonctions du contrôle ou des Conseils de l'État, l'expérience précieuse qu'il aura acquise. Il y sera juste ; car si l'intention d'être juste se rencontre souvent, la lumière qui permet de l'être est plus rare et, partant, aussi précieuse.

Telles sont les considérations qui m'ont toujours paru devoir nous décider tous à accepter les situations qui nous sont faites, non-seulement sans inquiétude, mais au contraire avec courage, entrain et dévouement.

Si la paix s'impose entre les peuples par le perfectionnement enviable et salutaire des moyens de destruction, les fruits ne s'en feront pas attendre, et le premier qui sera réclamé par l'agriculture et par l'industrie sera un immense développement des services publics ; il sera dû à l'impulsion de l'opinion publique, à l'initiative et au concours de l'État, et les grandes associations en seront l'instrument nécessaire.

Il n'y aura pas d'autre moyen de nous maintenir au niveau relatif de civilisation et de richesse que nous avons atteint.

Quant à notre but, celui d'une participation de plus en plus active dans les services publics, suivons d'abord, pour l'atteindre, le moyen dont le présent nous montre l'efficacité. L'École centrale a fondé le génie civil par son enseignement ; mais vous savez tous que si la préparation y est excellente, elle ne vous exempte pas de grands, de longs, de bien pénibles efforts pour distinguer votre voie et pour la frayer. Le stage est une épreuve terrible ; l'occasion même de l'accomplir manque souvent,

Cela est triste : j'irai plus loin, je dirai que cela est injuste. Il y a dans les services publics des fonctions qui seront toujours officielles et qui s'obtiennent par le concours. Le diplôme d'ingénieur de l'École centrale des arts et manufactures doit dispenser de ce concours toutes les fois que le programme en est renfermé dans l'ensemble des connaissances que ce diplôme garantit. Les situations d'agents-voyers et de conducteurs sont dans ce cas. Aujourd'hui combien d'agents-voyers ont atteint la profession d'ingénieur? Vous avez vu, en outre, que dans les postes officiels 99 conducteurs font fonction d'ingénieurs ordinaires. Ils le sont de fait, et sans autre concours que celui auquel sont appelés les jeunes gens qui commencent la carrière de conducteurs. Aujourd'hui que l'École centrale est sous le patronage direct et sous l'autorité du Gouvernement, il doit convenir à celui-ci de faciliter l'accès à des emplois modestes qui peuvent devenir le stage de professions honorables et de fonctions importantes.

C'est, en effet, de la conduite des travaux que sort le plus grand nombre des entrepreneurs. Cette profession avait été, en France, abaissée par deux causes : la juridiction administrative de laquelle ressortissaient les travaux publics, et les clauses des contrats qui se ressentaient de l'autorité du maître sur l'ouvrier. Privé de ses juges naturels, renfermé dans d'étroites obligations, l'entrepreneur était conduit à recourir à des pratiques qui abaissaient, nous l'avons dit, le niveau moral de sa profession.

Depuis que les travaux publics ont été exécutés par les Compagnies, l'application des principes du droit commun et de la juridiction civile ont modifié sensiblement le caractère et la forme des contrats. La profession d'entrepreneur se relève et la plupart des grandes Compagnies sont enfin entourées d'un groupe d'hommes qui présentent les garanties d'aptitude et d'honorabilité désirables. Ce résultat était bien nécessaire. L'Angleterre et les États-Unis sont riches en fortes individualités qui facilitent singulièrement l'exécution des grandes entreprises. Quelques exemples s'en sont produits parmi nous en s'appuyant sur de puissants ateliers de construction. MM. Parent, Houel, Caillet et Schaken, Cail et Cheilus, Gouin, Borel et Lavalley.

Il est à désirer que cet exemple soit suivi ; mais l'occasion ne peut s'en présenter qu'à la suite d'un grand développement de travaux publics.

Il me reste à compléter l'exposé des conditions dans lesquelles la profession d'ingénieur est exercée en France, par la part qu'elle prend dans l'industrie générale.

Le traité de commerce, qui a ouvert les frontières aux produits étrangers, a imprimé à la production une secousse qui nous a été très-favorable. Les manufacturiers, les fabricants, ont eu besoin de nous. Le perfectionnement des procédés de fabrication était indispensable en face de la concurrence étrangère. Jusque-là, le fabricant ne recourait à l'ingénieur que pour l'établissement des usines et à son corps défendant. Il redoutait dans l'exploitation l'esprit de réforme et d'amélioration. Aujourd'hui, il n'est pas un grand établissement métallurgique auquel un ou plusieurs ingénieurs ne soient attachés. La fabrication y a reçu des développements considérables, et non-seulement le travail a été bien défendu par les prix de vente des produits indigènes, mais nos exportations se sont largement accrues.

Cependant la production, émancipée pour le consommateur, ne l'est pas encore pour le producteur lui-même. La loi des mines de 1810, qui avait placé nos richesses minéralogiques sous le régime légal le plus stérile, se complique aujourd'hui d'une jurisprudence tellement diffuse et contradictoire que volumes sur volumes écrits par les professeurs et les légistes ne réussissent pas à la fixer. Dans ce dédale inex-

tricable, les capitaux nécessaires aux établissements métallurgiques prennent une importance colossale, sans obtenir les garanties de durée des moyens d'approvisionnement indispensables à des usines qui produisent sur une aussi grande échelle.

Les obstacles qu'éprouvent nos usines de la part des communes pour établir les chemins de fer à voie étroite sont restés les mêmes malgré les enquêtes et malgré les plaintes générales. La loi de 1810 leur permet d'ouvrir un chemin de la mine à l'usine, mais non d'y placer des rails, fussent-ils de niveau avec le sol. Les chemins de fer n'étaient pas inventés en 1810 ; la loi est restée immuable et les communes préfèrent imposer à l'usinier un chemin difficile parce qu'il emploie à la traction un plus grand nombre d'animaux.

La juridiction administrative a été plus loin. Elle a trouvé dans la loi le droit d'empêcher la fusion des concessions d'un bassin, et tandis que le Gouvernement accroissait autant que possible la puissance des associations pour les faire servir à l'intérêt public, les interprétateurs de la loi des mines réussissaient à les affaiblir.

Qu'y aurait-il aujourd'hui de plus salutaire que de puissantes associations réunissant un bassin houiller tout entier, intéressées à provoquer l'établissement de canaux, de chemins de fer pour assurer les débouchés par la réduction des prix de transport. Mettons encore l'exemple à côté du principe.

Il y a peu de mois, les Compagnies de chemins de fer qui aboutissent à Hull considérant que ce port était le plus rapproché des ports belges et hollandais, et reconnaissant d'ailleurs que l'importance du port de Londres leur enlevait les avantages de ce voisinage provoquèrent l'établissement de bateaux à vapeur rapides et commodes qui correspondraient avec leurs trains. De petits armateurs qui jusque-là avaient tranquillement desservi le port de Hull adressèrent leurs plaintes au Parlement. Ils étaient, disaient-ils, écrasés par les gros capitaux. Le Parlement répondit que le petit capital ne méritait pas plus d'intérêt que le gros : que la mesure de l'intérêt à leur accorder à tous deux était dans l'utilité publique de leur emploi ; que si les petits capitaux ne pouvaient rendre au public le même service que les gros, le mieux qu'ils eussent à faire était de se réunir pour devenir gros. C'est ainsi qu'a commencé l'extension qui a été donnée aux Compagnies de chemins de fer, et qui leur permet de construire des ports, des docks, des magasins, d'acquérir des bateaux à vapeur et de les exploiter à la condition de s'y faire autoriser par le Parlement et par leurs actionnaires.

Jusqu'à ce jour aucune autorisation n'a été refusée et elles sont de plus en plus nombreuses. Le Parlement a introduit à côté de ces concessions un droit de contrôle analogue à celui qu'il exerce sur la plupart des industries concessionnaires des services publics.

Nous sommes bien loin en France de cet esprit libéral. La méfiance pour les grandes agglomérations de capitaux subsiste encore dans les masses. Les uns voudraient tout démocratiser, réduire à la faiblesse de l'individu isolé les instruments et les moyens de travail. Ce sont les mêmes esprits qui détruisaient autrefois les machines. Les autres croient qu'en se substituant aux compagnies l'État nous donnerait la gratuité des services publics. Ces erreurs disparaîtront devant la logique des faits.

Il me reste à vous entretenir de l'Exposition universelle qui s'installe rapidement.

Vous en connaissez les dispositions : elles permettent d'espérer que l'examen des produits exposés sera facile. Il y a lieu d'espérer aussi que les jurys d'admission ont été sévères ; la place disponible en eût fait une loi, si un motif plus sérieux encore n'avait

dominé les choix. Il fallait que l'Exposition offrît un haut degré d'intérêt et cela dépendait du jury d'admission.

Vous avez institué une Commission pour régler les travaux par lesquels vous prendrez part à l'œuvre d'élucidation à attendre d'une Société telle que celle-ci, où la variété des professions permet d'espérer un travail encyclopédique sur les progrès saillants de l'industrie dans ces dernières années.

Cette Commission a appelé le concours volontaire de tous les membres de la Société. Ce concours vous sera demandé sous la forme qui vous sera la plus commode : oral, écrit, dessiné. Chacun de ceux qui voudront s'associer à ces Études par une forme quelconque, choisira les classes pour lesquelles il lui conviendra d'apporter ses travaux.

Le partage par classe sera fait prochainement par votre Commission.

Le point épineux sera de composer pour chaque classe un secrétariat actif, dont la mission sera d'obtenir tous les documents nécessaires pour vos Études, de faciliter vos recherches et de reproduire les discussions qui occuperont nos réunions.

Votre bureau fera de son côté toutes les démarches nécessaires pour obtenir de la bienveillance de l'Administration de l'Exposition, les facilités d'étude nécessaires pour vous permettre de bien utiliser le peu de moments dont la plupart d'entre vous pourront disposer. Ce dont je puis vous assurer d'avance, au nom de votre bureau comme en mon nom personnel, c'est que notre dévouement ne faillira pas à vos intérêts.

M. le Président invite ensuite M. Le Saint, présent à la séance, à vouloir bien exposer en quelques mots le but qu'il se propose d'atteindre dans son voyage.

M. Le Saint remercie la Société du concours qu'elle prête à son expédition.

Il indique que, remontant la vallée du Nil, il ira d'abord à Khartoum passer la saison des pluies. A la belle saison, il s'avancera vers l'équateur, à la suite des chasseurs d'éléphants, ou de toute autre façon. Il cherchera à pénétrer dans le pays des Niam-Niam, puis à passer du bassin du Nil dans celui de l'Ogowaï, et enfin, suivant le cours de ce dernier fleuve, à rejoindre l'océan Atlantique, à notre colonie du Gabon.

Les résultats, que le voyage de M. Le Saint a pour but d'obtenir, sont les suivants :

1° Rechercher la ligne de partage des eaux de l'Afrique équatoriale, et par suite reconnaître si les immenses lacs, dont nous avons connaissance par les voyages précédemment accomplis, se déversent les uns dans les autres, en fournissant une origine commune aux grands fleuves qui se jettent dans l'océan Atlantique, l'océan Indien et la mer Méditerranée;

2° Étudier les peuples maîtres du plateau central de l'Afrique, leurs mœurs, leurs langues, leurs origines, etc.;

3° Enfin, en dehors des observations météorologiques et géographiques, recueillir le plus de renseignements qu'il sera possible sur la faune, la flore et l'histoire naturelle en général.

Le voyage de M. Le Saint doit durer 3 ans.

M. le Président exprime à M. Le Saint l'intérêt qu'éprouve la Société pour son entreprise et forme le vœu qu'après l'avoir accomplie avec succès, il revienne sain et sauf en exposer les résultats.

Séance du 18 Janvier 1867.

Présidence de M. E. Flachat, *Président.*

Le procès-verbal de la séance du 4 janvier est lu et adopté.

M. le Président rappelle qu'à l'Exposition de 1862 figurait une locomotive, Steierdorff, employée sur le chemin de fer d'Orawitza à Steierdoff (Banat), qui met en communication un riche bassin houiller avec le chemin de fer du Sud-Est. Le chemin a des rampes de 20 millimètres et des courbes de 114 mètres de rayon. Cette machine a cinq essieux moteurs, dont trois sous la machine et deux sous le tender. L'accouplement des essieux du tender avec ceux de la machine inventé par M. Engerth se prête au défaut de parallélisme des essieux que nécessite le facile passage dans les courbes de faible rayon. La complication apparente du mécanisme d'accouplement avait excité des doutes parmi certains membres du Jury eux-mêmes. Le rapport s'était borné à la description de la machine et des essieux, et à signaler la combinaison ingénieuse de l'accouplement. On attendait la sanction de l'expérience. Aujourd'hui les Commissaires Autrichiens envoient cette machine à l'Exposition de 1867 avec ses états de service.

M. le Président donne communication d'une note reçue à ce sujet de M. Le Chatelier et conçue dans les termes suivants :

Procès-verbal *dressé à Orawitza, le 24 septembre 1866, par les soussignés.*

Objet. *Constatation de la puissance et de l'état de la machine* Steierdorff.

Les soussignés ayant été invités par la Compagnie autrichienne des chemins de fer de l'État à constater sur place et par un parcours d'essai les prestations et l'état de la machine « Steierdorff, » ont fait le 23 septembre, entre Oravitza et Steierdorff ce parcours d'essai avec cette machine qui est la même qui reçut la médaille en 1862 à l'Exposition de Londres, essai qui a fourni des résultats satisfaisants sous tous les rapports.

Le trajet, qui a une longueur de 4,42 milles autrich. (33, 5 kil.), et qui comprend une rampe continue de 1,50 sur une longueur de 2,14 milles (16,2 kil.), a été parcouru en 2 heures 31′ avec la charge normale de 2,400 quintaux (120,000 kil.), fixée par la Compagnie Autrichienne.

Le passage de la machine dans les courbes de 60° (113,8 mètres), se fit facilement et sans le moindre inconvénient, et la marche de la machine a été très-tranquille et aucune de ses pièces n'a paru éprouver une usure exceptionnelle.

Dans le parcours à la descente, qui eût lieu le 24 septembre 1866 et qui dura 1 heure 58′, la machine remorqua une charge de 5,500 quintaux (275,000 kil.), et l'on a maintenu le train à une vitesse égale à l'aide de 5 freins.

Les indications de la Compagnie Autrichienne que nous avons toutes puisées dans des documents originaux, démontrent que la machine « Steierdorff » a parcouru 4,749 milles (36,028 kil.), depuis le commencement de l'exploitation de cette ligne en novembre 1863, jusqu'à la fin de juin 1866, exclusivement sur cette ligne, et cela

avec la vitesse réglementaire de 1,6 milles à l'heure (12,14 kil.) à la remonte, et de 2 milles (15,17 kil.) à la descente.

D'après le programme qui a servi de base à la construction de cette machine et qui fut publié à l'Exposition de Londres, sa force de traction doit être de 2,200 quintaux (110,000 kil.) pour une rampe de 1/50 et pour des courbes de 60° (113,8 mètres) de rayon.

Le parcours d'essai qui a été fait ainsi que le résultat moyen des convois remorqués à l'amont, démontrent que les puissances sus-indiquées ont été dépassées, c'est-à-dire que la charge moyenne remorquée à l'amont a été de 24,75 quint. (123,750 kil.)

En ce qui concerne l'entretien du mécanisme du mouvement, il est à remarquer que le faux essieu s'est tordu dès le commencement, en janvier 1864, à cause du patinage des roues, quand il y avait du verglas, cet essieu étant de construction trop faible et de matière trop tendre; que cependant le nouveau faux-essieu qu'on a mis à sa place a fonctionné depuis ce temps jusqu'à présent sans le moindre inconvénient.

Il n'a pas été nécessaire non plus jusqu'à présent de changer les coussinets de la tige conductrice et d'accouplement, ainsi que du faux-essieu, mais les réparations de ces pièces se borneront à leur ajustage et à leur calage.

D'après les livres des ateliers, les dépenses de toutes les réparations faites à ces coussinets s'élèvent à 210 fl. 24 k., valeur autrichienne, pour un parcours de 4,749 milles (36028,1 kil.), ce qui fait 0,0443 fl. par mille de train, soit 0,00584 fl. (1 fl. = 2 fr. 50) par kilomètre, dépenses qui sont proportionnellement petites.

L'entretien des roues de cette locomotive a occasionné jusqu'ici une dépense de 444 fl. 26, soit 0,0908 fl. par mille de train, soit 0,01197 fl. par kilomètre.

Les autres réparations de cette machine ont été les mêmes que celles qui se produisent pour chaque machine et les dépenses nettes de réparation de la machine « Steierdorff, » y compris celles sus-indiquées, se sont élevées, jusqu'à la fin juin 1866 au total de 1,992 fl. 23; ce qui fait 0,42 fl. par mille de train, soit 0,0553 fl. par kilomètre.

Comme il n'y avait plus d'observations à faire, le procès-verbal fut clos et signé :

Signé : F. Kamper, délégué de la Compagnie Autrichienne; Becker, délégué du Nordbahn (chemin de fer); K. Jenny, professeur de mécanique; Stradal, délégué du Südbahn (chemin du Sud); Grimburg, professeur à l'École polytechnique; Carl Herubostl, délégué de la Mestbahn. (chemin du Centre.)

Pour copie conforme :

Signé : Schmitbauer.

M. le Président annonce avoir reçu de M. Limet une note sur un dépôt calcaire assez curieux qui s'est produit dans une chaudière à vapeur.

M. Limet alimente cette chaudière avec des eaux de source marquant 32 à 34° à l'hydrotimètre, comme celle du canal de l'Ourcq et donnant à l'analyse pour un litre d'eau :

	0gr.098	sulfate de chaux,	Cette analyse a été faite par M. Poinsot Membre de la Société.
	0 .320	carbonate de chaux,	
	0 .049	chlorures alcalins,	
	0 .060	matières organiques.	
Total....	0gr.527	résidu sec à 100°.	

Ce sont là des eaux de qualité moyenne ; cependant, après 2 mois 1/2 de marche, M. Limet trouvait, dans la chaudière, seulement un dépôt de sulfate de chaux de 2 à 3 millimètres d'une grande adhérence, qu'il fallait buriner pour l'enlever imparfaitement.

Afin d'éviter ce travail si incommode, et l'ennui des bassins de dépôt et de purification des eaux, M. Limet fit injecter chaque jour, en deux fois, 400 grammes de carbonate de soude, et après 68 jours on a trouvé, au coup de feu au-dessus de la grille, une pierre pesant 7 kilos 500, que M. Limet a jointe à cette note ; elle n'adhérait nullement à la paroi de la chaudière qui était parfaitement nette de tout dépôt sous cette pierre composée de lames de sulfate de chaux agglutinées par du carbonate de chaux. Le reste des parois de la chaudière était, comme d'habitude, revêtu d'un dépôt de sulfate de chaux, seulement il s'enlevait par grandes plaques au moindre choc.

M. Limet emploie des chaudières Farcot à bouilleur et réchauffeur latéraux.

L'injection ayant lieu dans le réchauffeur près du registre au point le plus éloigné de la grille, c'est au-dessus de la grille, après un parcours de $3 \times 7^m,45 = 22^m,35$, que l'eau a déposé cette pierre de $7^k,500$.

Les bouilleurs ne contiennent jamais qu'une boue sans adhérence de carbonate de chaux.

Depuis, au lieu d'injecter brusquement le carbonate de soude, on le fait dissoudre et on l'injecte régulièrement et d'une manière continue.

La discussion sur la communication de M. Limet est renvoyée à la prochaine séance.

M. le Président accuse réception d'un ouvrage de M. Brame sur les signaux de chemins de fer, qui renferme la description de tous les signaux en usage en France ; cet ouvrage sera renvoyé à un membre de la Société pour en faire une analyse qui sera communiquée à une des prochaines réunions.

M. Simonin présente le résumé d'études sur les formations houillères et sur les gîtes métallurgiques de l'ancien et du nouveau continent, avec les cartes qu'il a dressées, où sont reproduits les minerais les plus répandus, sous leur couleur et leur figure naturelle, et 460 dessins représentant soit des fossiles du terrain carbonifère, soit des appareils et outils de mines.

Les mines de houille sont représentées dans quinze cartes géologigues. La première indique presque tous les bassins houillers concentrés dans l'hémisphère nord, comme si la houille avait dû être principalement agglomérée dans les pays tempérés, où la civilisation se porterait de préférence à l'âge de la machine à vapeur et de la locomotive. Le mouvement d'exportation des charbons anglais sur le globe est figuré sur cette même carte, et l'on y voit les Anglais couvrir le monde entier de leurs dépôts de houille, non pour venir en aide aux peuples qui n'ont pas de charbon et qui n'en ont pas besoin, mais pour assurer l'alimentation des navires à vapeur britanniques qui sillonnent les deux hémisphères. Sur 100 millions de tonnes que produit aujourd'hui la Grande-Bretagne, le dixième est ainsi exporté.

La carte des bassins houillers belges, rapprochée de celle des bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais, nous rappelle la fameuse découverte du bassin d'Anzin, faite par Désandrouin, il y a un siècle, et achetée au prix des plus coûteux efforts, et la découverte plus récente des richesses souterraines du Pas-de-Calais, due entièrement au hasard, en 1847. On sait quelle impulsion a donné l'exploitation de la

houille à tout le Pas-de-Calais. Sur 1,200,000 tonnes de houille que la France a produites en 1866, le dixième a été fourni par les mines de ce département, inconnue il y a vingt ans.

Dans la carte houillère de la Moselle, nous retrouvons des faits à peu près analogues : un bassin entièrement souterrain révélé par la géologie. En 1815, privés du riche bassin de Sarrebruck, que nous avions jusqu'alors exploité, les habitants de la Moselle, qui avaient présentes à l'esprit les découvertes de Désandrouin dans le Nord, arrivèrent, après de patientes et pénibles recherches, à la constatation certaine du prolongement du bassin prussien au-delà de notre ligne frontière.

Dans ces recherches, l'art des sondages et de la construction des puits de mines ont lutté d'énergie. M. Kind y a, pour la première fois, appliqué les sondes de 4 mètres de diamètre, fonçant des puits jusqu'à 200 mètres, au milieu des nappes aquifères ascendantes ; M. Chaudron, ingénieur belge, y a cuvelé ces puits à l'aide de tours en fonte, de 800 mille kilogr., descendus par leur propre poids et qui ferment tout accès à l'eau.

Les autres cartes représentent les riches bassins anglais si bien situés, nos maigres archipels houillers perdus un peu partout à la surface de notre territoire, les bassins allemands, plus fertiles et mieux groupés, les gigantesques bassins du Nord-Amérique où est la réserve de l'avenir ; enfin le grand sondage entrepris récemment au Creusot, où la houille a été recherchée jusqu'à plus de 900 mètres de profondeur, et l'eût été bien au delà sans un accident qu'aucune tentative n'a pu parvenir à surmonter.

Quant aux cartes des gîtes métallifères, celles du Cornouailles et du Dervonshire représentent les gîtes les plus célèbres de cuivre et d'étain, fouillés depuis plus de trois mille ans, et fournissant encore aujourd'hui près du tiers pour le cuivre et, près de la moitié pour l'étain de la quantité de ces deux métaux consommée dans le monde.

Les gîtes métallifères de Toscane ont eu un passé non moins glorieux que ceux du Cornouailles ; aujourd'hui, la plupart de ces mines sont fermées, sauf quelques-unes, comme la mine de cuivre de Monte-Catini, dont les bénéfices, depuis trente ans, se comptent par millions, et les fameuses mines de l'île d'Elbe, qui produisent 100 mille tonnes de minerai par an, et en produiraient deux fois plus si elles étaient mieux aménagées.

L'Allemagne métallifère nous rappelle les gîtes classiques du Harz, de la Saxe, de la Bohême. En France, nous trouvons des mines métalliques qui ont eu un passé actif, mais qui sont aujourd'hui fermées. Il est bon toutefois de faire une exception pour nos mines de fer, qui suffisent aux demandes des usines, et produisent près de 4 millions de tonnes de minerai, dont nous tirons 1,200,000 tonnes de fonte, ce qui donne une richesse moyenne de 30 p. 100 de minerai brut.

En Amérique, les mines de cuivre du Chili fournissent plus de la moitié du cuivre consommé aujourd'hui par le globe (36,000 tonnes sur 70,000), puis les mines d'argent disséminées aux flancs des Andes, du sud au nord de l'Amérique, et enfin les mines récemment découvertes dans l'État de Névada, à l'est de la Californie, qui produisent maintenant, dit-on, jusqu'à 300 millions d'argent par an, autant que la Californie produit d'or.

Dans l'Amérique du Nord sont encore les gîtes de cuivre si célèbres et si productifs du lac Supérieur ; l'Australie est non moins favorisée que la Californie en mines d'or, de cuivre, de charbon, et produit comme elle 300 millions de francs par an, en or.

M. le Président remercie M. Simonin des aperçus géographiques et statistiques qu'il a présentés. Il attire son attention sur un ordre de faits dont la Société aimerait à être entretenue par MM. les ingénieurs des mines, parce qu'ils ont un intérêt immédiat et soulèvent des questions techniques qui sont ici bien à leur place. Ce sont, au point de vue de l'exploitation, les moyens d'éviter les terribles explosions qui viennent de se reproduire malgré des précautions et une surveillance assidues; c'est aussi l'exposé des procédés de foncement des puits à travers de puissantes nappes d'eau qui ont si bien réussi dans la Moselle. C'est encore l'étude des causes qui ont amené l'invasion irrémédiable des eaux dans une houillère française, et de celles encore qui ont détruit un puits d'exploitation foncé avec d'énormes dépenses. Enfin, au point de vue économique, la Société entendrait, avec l'intérêt qu'elles méritent, des communications sur les grèves récentes qui se sont produites en Angleterre et en France, parmi les mineurs, et sur la cause pour laquelle une hausse rapide du charbon vient en ce moment alarmer l'industrie.

M. Chéron présente à la Société un modèle de mécanisme de levage à contre-poids, à décrochage et accrochage automatiques. M. Chéron a imaginé ce système en vue d'une application spéciale qui est le levage des couvercles de cuves d'épuration des usines à gaz, qui pèsent jusqu'à 4,000 kilos ; mais il est applicable à une grue quelconque lorsqu'il s'agit de soulever et de remettre en place, successivement et dans les mêmes conditions, une série d'objets de même poids, en ne dépensant que le travail nécessaire pour vaincre les frottements d'organes de transmission simples.

A cet effet, les chaînes auxquelles sont suspendus les poids à soulever viennent, après avoir passé sur des poulies de renvoi, se fixer à un écrou mobile, guidé verticalement et traversé par une vis qui reçoit du moteur un mouvement de rotation. Chaque tour de vis fait monter ou descendre l'écrou de la hauteur du pas, et par suite le fardeau descend ou monte de la même quantité. Mais cette disposition, qui a l'avantage de dispenser de freins et de cliquets d'arrêt, aurait l'inconvénient grave de nécessiter un travail considérable pour l'enlèvement ou l'abaissement du fardeau. Pour y obvier, M. Chéron donne à l'écrou un poids égal à celui du fardeau.

Mais, dans les périodes d'accrochage et de décrochage du fardeau, le soulèvement de l'écrou-contre-poids aurait encore donné un travail considérable. C'est pour éviter cette difficulté que M. Chéron a disposé l'écrou-contre-poids de manière à le faire seulement tourner sur lui-même, sans monter ni descendre, pendant que la chaîne de traction se mollit ou se roidit.

L'appareil se compose essentiellement de trois pièces :

1° Une vis centrale verticale qui reçoit un mouvement de rotation du moteur ;

2° Une pièce qui sert d'écrou à cette vis et de vis à la troisième pièce, et qui est chargée d'un contre-poids annulaire ;

3° Un écrou guidé dans le sens vertical, auquel sont attachées les chaînes de traction.

La vis ne peut que tourner. L'écrou-vis-contre-poids peut tourner avec la vis ou monter et descendre avec l'écrou guidé, et ce dernier ne peut que monter et descendre.

Ce mécanisme fonctionne en vertu *de la différence des frottements* qui existent entre la vis et l'écrou-vis-contre-poids, d'une part, et entre cet écrou-vis-contre-poids et l'écrou guidé d'autre part.

Lorsque les chaînes sont molles, c'est-à-dire pendant l'accrochage ou le décro-

chage, le frottement est plus fort entre la vis et l'écrou-vis-contre-poids, qu'entre ce dernier et l'écrou guidé ; l'écrou-vis-contre-poids tourne donc avec la vis, tandis que l'écrou guidé descend ou monte.

Lorsque les chaînes sont roides, c'est-à-dire pendant l'enlèvement ou l'abaissement du poids, le frottement est plus fort entre l'écrou-vis-contre-poids et l'écrou guidé qu'entre la vis et l'écrou-vis-contre-poids; ce dernier suit donc l'écrou guidé, c'est-à-dire descend ou monte, et dans toutes les périodes du fonctionnement, la vis n'a à vaincre que les frottements des poulies de renvoi.

M. Chéron fait remarquer qu'on peut étendre les applications de ce mécanisme en employant un écrou-vis-contre-poids de poids variable, ce qui permettrait le levage de fardeaux de poids différents, et le déchargement de pierres de taille, par exemple.

M. le Président, après avoir remercié M. Chéron de sa communication, appelle l'attention des membres de la Société sur les travaux considérables opérés en ce moment sur les chemins de fer pour prévenir l'accumulation des neiges et assurer la marche des trains, et il invite les membres qui pourraient recueillir des renseignements sur les moyens employés ou essayés pour le déblaiement des voies, à les communiquer à la Société. Il rappelle que les bulletins de la Société contiennent déjà des documents pleins d'intérêt sur ce sujet, entre autres les notes de M. Nordling.

M. Émile Barrault demande à faire une rectification de fait relativement à la notice nécrologique publiée sur son oncle M. Alexis Barrault, dans le dernier numéro des mémoires et comptes rendus de la Société des ingénieurs civils.

L'auteur du travail nécrologique a dit que M. Alexis Barrault avait fait, sous la direction et sous les ordres de MM. Jullien et Sauvage, les travaux concernant le matériel du chemin de fer de Lyon.

Or, M. Barrault est entré au chemin de fer de Lyon au commencement de 1846, et tous ses plans étaient faits lorsque M. Sauvage a été nommé ingénieur du matériel de ce chemin de fer en mars 1848. (Il était entré au chemin de fer en octobre 1847.)

M. Sauvage lui-même, dans une lettre écrite à M. Émile Barrault, déclare qu'en 1847, l'époque à laquelle il est entré au chemin de fer de Lyon :

« Tous les projets principaux concernant les ateliers, les différents types de ma-
« chines, de voitures et de wagons étaient complétement terminés et rédigés. »

M. Sauvage ajoute :

« Je ne revendique donc absolument aucune part dans ces travaux, je rends bien
« volontiers ce témoignage à Barrault, qui avait été mon condisciple au collége de
« Metz et était resté mon ami. »

M. Lecomte, ingénieur en chef du chemin de fer de Lyon, a rendu par écrit le même témoignage, qui d'ailleurs est confirmé par tous les ingénieurs du chemin de fer.

Il résulte de ces attestations unanimes qu'à M. Barrault seul doivent être attribués les éloges que méritent les travaux d'établissement du matériel du chemin de fer de Lyon; cette justice rendue n'enlèvera rien au mérite de MM. Jullien et Sauvage, dont les travaux sont aussi remarquables que nombreux et connus.

Il était d'autant plus important de faire cette rectification, que déjà plusieurs fois la même erreur avait été commise, et c'est dans l'intérêt de la vérité d'abord, mais aussi comme parent et comme élève de l'École centrale, que M. Émile Barrault croit devoir réclamer l'insertion au bulletin et dans le compte rendu de la Société, de la précédente rectification.

M. le Président exprime le regret d'avoir involontairement donné lieu à cette rectification d'un fait dont il n'avait pas gardé le souvenir; mais il rappelle que c'est sur la demande de la famille qu'il a écrit la notice nécrologique de M. Barrault, qu'il l'a communiquée préalablement aux membres de la famille de M. Barrault, qui lui en ont exprimé leur gratitude en lui rendant le manuscrit sans modifications.

Il est ensuite procédé au vote sur l'admission de Dagail, Foëx, Herter, Lefèvre, Magny, Maréchal, Sommeilier, Stilmant, Trévelfini et Zerah Colburn, qui ont été admis comme membres sociétaires.

Séance du 1er Février 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 18 janvier est lu et adopté.

L'ordre du jour appelle la discussion sur la communication de M. Limet, relative à un dépôt calcaire accidentel trouvé dans une chaudière à vapeur.

M. le Président explique les motifs pour lesquels la communication de M. Limet offre un intérêt particulier. Les incrustations sont une cause permanente de destruction des chaudières, quand elles sont adhérentes; elles altèrent rapidement les tiroirs et les cylindres des machines quand elles sont converties en boue et emportées avec la vapeur.

Les conséquences en sont tellement préjudiciables, qu'il n'est pas d'objet sur lequel les efforts des inventeurs se soient portés avec plus de persévérance et d'insuccès. Le seul remède efficace, le condenseur à surface n'a encore pénétré que dans les machines-marines, ou l'usage s'en répand rapidement avec un succès complet.

Il est reconnu que les incrustations se forment en couches sur les parties des chaudières les plus échauffées, mais qu'elles ne se forment en dépôt, ou en amas, ou en conglomérats, que sur les points où l'eau reste dans un repos relatif, ou bien là où un courant les amène.

Des récipients placés dans les générateurs se remplissent de dépôts calcaires. Dans les chaudières marines, au point où débouche le conduit de l'eau d'alimentation, il ne se forme pas d'incrustations et d'amas; mais près du robinet d'extraction les fragments détachés se rassemblent; les incrustations se forment d'ailleurs en couches superposées sur les autres points.

Un échantillon de ces dernières incrustations ayant des dimensions considérables est déposé sur le bureau. Il a été extrait d'une chaudière marine qui l'a produit pendant 50 jours de marche continue. Il contient 98 p. 100 de sulfate de chaux, il a été formé près du retour de flamme; il présente, d'un côté, la forme de la partie cylindrique de la chaudière, et de l'autre, celle des tubes de flamme.

Il n'y a rien que de normal dans ces incrustations et dans le lieu où elles se sont formées; mais il n'en est pas de même du fragment présenté par M. Limet.

Celui-ci a été trouvé au-dessus du foyer; il est formé de fragments qui semblent

transportés en ce point ; or, c'est sur ce point même où l'ébullition est habituellement intense, tumultueuse, où les incrustations par couches dues à l'élévation de la température peuvent se former, mais où les dépôts fragmentaires ne se rassemblent pas, à cause du renouvellement continuel de l'eau.

M. Farcot a vu des exemples de faits analogues à celui rapporté par M. Limet, mais quand il se trouvait quelque corps étranger, comme par exemple, des chiffons qui provoquaient un amas. Il ajoute que M. Cousté, ingénieur de l'administration des tabacs, a constaté que la précipitation des sels avait lieu à 90°.

M. Limet, en réponse à un membre, dit que « dans les bouilleurs de sa chaudière, il se forme de grands dépôts de carbonate de chaux, et dans le corps principal on trouve du sulfate de chaux amorphe. »

M. Tresca, dans les divers bouilleurs d'une chaudière Farcot, installée au Conservatoire des arts et métiers, a observé des dépôts de nature et quantités différentes.

Dans le premier bouilleur, recevant directement l'eau d'alimentation, on trouvait du carbonate de chaux pur ; dans le second bouilleur, le même corps presque pur ; dans le troisième, un mélange de carbonate et de sulfate de chaux ; dans le quatrième, des écailles de sulfate de chaux pur, ressemblant à de la porcelaine cassée. On avait ainsi une sorte d'analyse mécanique des incrustations. Ce phénomène se produit parce que le carbonate de chaux n'est soluble que dans un excès d'acide carbonique.

M. Limet dit qu'avant qu'il injectât du carbonate de soude dans sa chaudière, il s'y formait des dépôts très-adhérents de sulfate de chaux.

M. Ribail a introduit de la soude caustique dans des chaudières de locomotives. On injecte environ 800 grammes de sel pour une consommation de 100 mètres cubes. Dans ces conditions, les chaudières restent parfaitement décapées ; il ne se dépose rien sur les tubes. Les produits se déposent au fond des chaudières à l'état boueux. On lave les chaudières après un parcours de 1500 à 1600 kilomètres. Jamais un fait pareil à celui cité par M. Limet n'a été observé et il est impossible que le bloc présenté soit le résultat d'une action chimique.

M. Tresca remarque que le bloc a l'apparence d'un amas de fragments cimentés ultérieurement. Il n'y a pas de stratification régulière. Les feuillets inférieurs sont horizontaux, les feuillets supérieurs verticaux ou diversement inclinés. Il est donc probable que la formation du bloc est due, en effet, à une cause tout accidentelle. Il lui paraît certain que les fragments détachés lors du nettoyage ont été laissés en place, au lieu d'être enlevés, et qu'ils ont été ensuite réunis par les incrustations subséquentes, de manière à donner lieu au singulier échantillon qui est sur le bureau.

M. Monthiers donne lecture de sa note sur la ventilation mécanique des théâtres. L'auteur divise son travail en deux parties : dans la première, il étudie la ventilation en général, et dans la seconde il s'occupe spécialement des moyens de l'obtenir.

Dans la première partie, M. Monthiers fait ressortir l'influence de la ventilation sur la santé des populations urbaines ; il signale les tentatives faites pour ventiler différents édifices ; il regrette les nombreuses lacunes qui restent encore à combler surtout dans les salles de théâtre.

Après avoir donné la description de la ventilation ascendante par foyer d'appel, il signale les imperfections de ce procédé, et pose comme principe de toute ventilation les deux conditions suivantes :

1° Faire respirer à chaque spectateur de l'air aussi pur que possible ;

2° Mettre chacun d'eux à l'abri des courants produits par l'accès de l'air pur dans la salle.

Ces deux conditions ne sont pas, d'après l'auteur, complétement remplies par l'appel des plafonds lumineux ; il considère que ce mode de ventilation est d'autant plus énergique que la température de l'air extérieur est plus basse, tandis que c'est le contraire qui devrait avoir lieu ; que cette ventilation est insuffisante en été, et qu'enfin il est difficile de la faire varier suivant les circonstances atmosphériques. Il voudrait que les spectateurs fussent complétement soustraits aux courants d'air, soit chauds, soit froids produits par l'arrivée de l'air.

Il propose ensuite un procédé mixte qui consisterait à insuffler de l'air mécaniquement par le plafond de la salle, tout en conservant l'appel par le plafond lumineux auquel la ventilation mécanique viendrait en aide.

Ce mode de ventilation mixte aurait, d'après M. Monthiers, l'avantage de remplir les conditions dont il a précédemment parlé.

L'auteur fait remarquer ensuite que cette descente ou cette chute de l'air frais par le plafond, cette ventilation par *descensum* se produit spontanément dans beaucoup de cas, par exemple dans les puits, dans les fosses d'aisances munies de tuyaux ventilateurs réglementaires, dans les larges cheminées de campagne, dans les nouvelles lanternes à gaz de la ville de Paris, dans la lampe Jobard, etc. Il cite une expérience qu'il a faite pour bien saisir le mouvement spontané de l'air qu'il cherche à imiter par le mode de ventilation qu'il propose, le rôle du ventilateur se bornant à déterminer le sens du mouvement de l'air et à en régler les effets suivant les besoins éminemment variables des spectateurs.

M. Monthiers passe ensuite à la seconde partie de son mémoire ; il fait voir par des exemples nombreux de ventilation mécanique pris pour la plupart dans les mines, que soit avec les ventilateurs à force centrifuge, soit avec les vis pneumatiques, le débit de l'air est considérablement augmenté par l'augmentation des diamètres tout en réduisant les vitesses ; en s'appuyant sur les exemples précités, il fait ressortir cette loi expérimentale : qu'en doublant le diamètre d'un ventilateur ou d'une hélice, et en réduisant sa vitesse de moitié, on obtient cependant un débit d'air double du volume primitif,

Il cite en passant l'heureuse disposition imaginée par M. le docteur Guillet de Cholet qui obtient une hélice par la torsion d'une lame plane de caoutchouc fixée à deux tiges formant les génératrices extrêmes de l'hélice.

M. Monthiers, reprenant ses exemples, fait remarquer que le volume d'air effectivement débité est environ le cinquième du volume engendré dans le même temps par la rotation de l'hélice. Il en conclut que, pour obtenir la quantité d'air nécessaire à ventiler une salle de 2,000 spectateurs à raison de 30 mètres cubes par heure pour chacun, il faudra une hélice de 5 mètres de diamètre faisant 120 révolutions par minute.

L'auteur fait observer que tous les exemples qu'il a cités absorbent le travail d'un cheval-vapeur par mètre cube d'air lancé par seconde ; mais ces exemples sont pris dans l'industrie des mines où le développement considérable de galeries étroites et sinueuses donne lieu à une résistance notable au passage de l'air. Il évalue que ces résistances à vaincre sont moitié moindres dans une salle de théâtre. Il admet aussi que l'appel par le plafond lumineux peut compenser la résistance au mouvement descendant de l'air, et il conclut à admettre que le travail d'un cheval-vapeur débitera

2 mètres cubes d'air par seconde en adoptant les dispositions qu'il a adoptées, ce qui le conduit à prendre une machine motrice de la force de 10 chevaux.

M. Monthiers fait ressortir l'avantage de la présence de ce moteur en pression en cas d'incendie pendant la représentation. Il calcule que la quantité de chaleur dégagée par la condensation de la vapeur d'échappement peut suffire au chauffage des trois quarts de l'air à introduire.

Il termine en demandant l'application de l'ordonnance de police prescrivant la pose de thermomètres dans l'intérieur de la salle.

Il donne des indications spéciales pour l'introduction de l'air par une corniche circulaire à la hauteur du plafond, pour la forme et les dispositions à adopter dans l'établissement des orifices d'accès et d'issue tant dans l'intérieur de la salle qu'a l'extérieur.

M. le Président demande si l'auteur ne sacrifie pas la ventilation de l'orchestre et du parterre.

M. Monthiers répond que des bouches d'appel peuvent être établies dans le sol même, en les mettant en communication avec les cheminées latérales dont le tirage sera activé par la présence de quelques becs de gaz éclairant les corridors et les pourtours.

M. Lehaitre dit qu'au Théâtre-Lyrique il y a des appels d'air énergiques fort désagréables de l'extérieur à l'intérieur, lorsque pendant les entractes les portes sont ouvertes.

M. d'Hamelincourt répond que comme constructeur des appareils de ventilation du Théâtre-Lyrique, il a fait lui-même des expériences nombreuses et suivies, pendant lesquelles il n'y a pas eu une seule plainte de la part du public.

Si aujourd'hui on ne fait pas fonctionner les appareils, c'est par une raison d'économie mal entendue.

M. Monthiers fait remarquer que c'est justement là un côté vicieux de la ventilation par appel, c'est qu'il est très-difficile de la proportionner aux besoins de la salle, et que d'ailleurs la disposition des bouches soumet les spectateurs à des courants d'air, soit chauds, soit froids presque aussi désagréables les uns que les autres.

La discussion est renvoyée à la prochaine séance pour entendre la communication du procédé d'aérage de MM. Piarron de Mondesir et Lehaître.

Séance du 15 Février 1867.

Présidence de M. E. Flachat, *Président.*

Le procès-verbal de la séance du 2 février est lu et adopté.

M. le Président donne ensuite la parole à M. Piarron de Mondesir pour entretenir la Société de la ventilation mécanique, au moyen de l'air comprimé, des édifices et particulièrement des galeries de l'Exposition universelle.

M. Piarron de Mondesir expose sommairement la théorie de la ventilation par appel direct de la chaleur.

Il rappelle que la vitesse d'entraînement dans les cheminées est proportionnelle à la racine carrée de l'excès de température communiqué à l'air dans son passage par les cheminées.

Il fait ressortir ensuite cette loi pratique : à savoir que dans la ventilation par appel, la dépense de combustible par heure augmente comme le cube de la vitesse.

Passant à la ventilation mécanique, il cite des effets obtenus par ce moyen à l'hôpital Lariboisière, pavillons des hommes, et au théâtre des Célestins à Lyon. Ces effets sont notablement inférieurs à ceux de la ventilation par appel obtenue aux amphithéâtres du Conservatoire des arts et métiers.

Il expose aussi la théorie du nouveau système qui consiste dans l'entraînement de l'air atmosphérique par un jet d'air comprimé.

Dans ce système, la dépense horaire de force motrice, ou ce qui revient au même, la dépense de combustible, croît proportionnellement au carré de la vitesse.

M. DE MONDESIR fait voir expérimentalement les effets d'entraînement dans un tuyau de $0^m,20$ de diamètre, avec des ajutages de très-petit diamètre (entre 3/10 et 18/10 de millimètre), fournissant des jets d'air comprimé à 1 atmosphère effective.

Il rappelle en quelques mots les résultats principaux des expériences comparatives faites au Conservatoire en mai et juin derniers. Ces résultats peuvent se résumer ainsi :

Le système de l'air comprimé exigeant moins de combustible que le système de l'appel, au fur et à mesure que la vitesse d'entraînement augmente, il y a toujours une certaine vitesse u_0 pour laquelle les deux systèmes s'équilibreront au point de vue de la dépense du combustible.

Au-dessus de cette vitesse u_0 l'avantage reste acquis à l'air comprimé; au-dessous de cette vitesse il est acquis au contraire au système de l'appel.

La vitesse d'équilibre u_0 est d'autant plus grande que la pression μ de l'air comprimé est elle-même plus forte.

Dans les expériences comparatives dont il s'agit, la pression μ de l'air comprimé a varié entre la limite :

$$\mu = 2 \quad \text{et } \mu = 0^m,13,$$

et la vitesse u_0 entre la limite :

$$u_0 = 3^m,60 \quad \text{et } u_0 = 9^m,42.$$

M. DE MONDESIR parle ensuite de l'essai préalable sur le secteur n° 3 du Palais de l'Exposition universelle de 1867.

Cet essai, fait sous la direction de M. Tresca et sur l'initiative de M. Krantz, a donné des résultats tellement favorables, que la Commission impériale a décidé que l'application du nouveau système serait faite à la ventilation générale du Palais.

M. DE MONDESIR décrit cette application qui doit employer 105 chevaux de force motrice et produire un refoulement total d'air de 700,000 mètres cubes par heure environ.

Pour un refoulement de 350,000 mètres cubes seulement, 25 à 26 chevaux-vapeur auraient suffi.

Le prix de la ventilaton du Palais ressortira, tout compris, à 0 fr. 10 les mille mètres cubes.

Ce prix est de 0 fr. 16 pour la ventilation du pavillon des femmes de l'hôpital Lariboisière, ventilé par appel.

M. DE MONDESIR annonce en terminant que M. Lehaître et lui ont l'intention d'ex-

poser, dans la prochaine séance, leurs idées sur la ventilation, par le même système, des hôpitaux, théâtres, mines, navires, etc.

Il signale une application métallurgique possible de l'air comprimé entraînant un gaz combustible, au moyen d'une addition à l'appareil dû à M. Wiessnegg.

Une expérience faite à la fin de la séance, avec l'appareil modifié ainsi. M. Wiessnegg, ayant fait communiquer l'appareil avec l'une des conduites de gaz du local de la Société, a fondu des clous dans un creuset et les a transformés en un culot de fer dans l'espace de 20 minutes.

M. Tresca a dirigé les expériences faites au Conservatoire sur l'appareil de M. de Mondesir et sur les autres systèmes de ventilation. Il reconnaît d'autant plus facilement l'exactitude des chiffres et des calculs exposés dans le mémoire qui vient d'être lu, que ces chiffres sont déduits pour la plupart des procès-verbaux qu'il a rédigés et qu'il a communiqués à M. de Mondesir.

Toutefois, sur quelques points de détail, qui n'ont pas une grande importance, comme faits, il n'est pas tout à fait d'accord avec les indications du mémoire. Il présentera, en conséquence, quelques observations de discussion techniques, lorsqu'il aura pu prendre lecture du mémoire, à tête reposée.

M. le Président annonce que la note de M. de Mondesir va être livrée à l'impression immédiatement, et qu'avant la prochaine séance un certain nombre d'exemplaires pourront être distribués à ceux des membres de la Société qui désireront prendre part à la discussion.

Il remercie au nom de la Société MM. Piarron de Mondesir et Lehaître de leur communication. Son importance est incontestable quant au but à atteindre ; le soin apporté à leurs expériences, la simplicité du procédé et les bons résultats à en attendre, autant que ces expériences permettent d'en juger, donnent le plus vif intérêt à leur travail Le soin même avec lequel ils ont voulu appuyer ces résultats sur des lois absolues et les déductions formulées savamment par eux, recommandent vivement leur travail à l'attention des Ingénieurs et des savants.

Avant que la discussion soit entamée, ce qui ne peut être qu'à la réunion prochaine, puisque ce n'est qu'alors que la seconde partie de la communication sera produite, le Président appelle l'attention de MM. de Mondesir et Lehaître sur la partie purement théorique de leurs calculs.

Il est indispensable, sans doute, d'essayer d'expliquer les résultats mécaniques obtenus par les lois dont la science dispose. Mais si dans l'application de ces lois à un résultat obtenu, il reste une lacune, c'est-à-dire l'oubli ou l'écart d'une ou de plusieurs des propriétés physiques des corps mis en mouvement et intéressées dans le mouvement, on ne peut pas espérer approcher de la vérité absolue. Or, il est deux propriétés de l'air, à savoir : son *élasticité* et sa *pénétrabilité* et un état de l'air, sa *température*, qui n'interviennent pas, comme termes, dans les formules produites et qui n'y pourraient d'ailleurs intervenir sans exiger des développements considérables. Dans les formules d'écoulement connues, il entre un terme empirique, celui de l'influence sur cet écoulement, des parois des récipients qui contiennent les corps en mouvement, et même de la forme de ces récipients; cette influence est aussi une loi, mais sa mesure est encore dans l'ombre. Elle s'associe, en ce qui concerne l'entraînement, à la densité des corps servant à l'entraînement, ou mis en contact avec l'air entraîné : que ce soit l'air échauffé, c'est-à-dire, de densité réduite, comme dans le tirage naturel : que ce soit un écoulement d'eau comme dans la trompe : que ce soit un jet de vapeur comme dans le tirage forcé des foyers de locomotives : que ce soit l'air

comprimé comme dans le procédé de MM. de Mondesir et Lebaître. A côté des effets des différences de densité dues à la température, il y a, en outre, dans le procédé de ces ingénieurs une particularité, c'est l'absorption de chaleur qui se produit lors de l'expansion de l'air comprimé. Il est difficile de n'en pas tenir compte.

Des essais sur la puissance du jet de vapeur pour obtenir le vide par l'entraînement de l'air, ont été faits lors de l'établissement du système atmosphérique, sous la direction de M. Baude, inspecteur général des ponts et chaussées; des expériences sans nombre ont été faites également sur la relation entre la vitesse d'échappement ou d'écoulement de la vapeur et la dimension des cheminées des locomotives; aujourd'hui, le procédé du *soufflage*, c'est-à-dire l'entraînement de l'air par un écoulement de vapeur est généralement appliqué dans les locomotives depuis l'usage de la houille. Il est possible que des différences de densité et des rapports d'inertie résultant des énormes écarts de vitesse du jet de vapeur et de l'air entraîné nuisent à la pénétrabilité, et que ce soit à cette cause qu'il faille attribuer la supériorité de l'air comprimé sur l'écoulement de vapeur comme moyen d'entraînement de l'air. Toujours est-il que dans l'usage d'un procédé mécanique qui consiste à créer de la force motrice en produisant de la vapeur pour employer celle-ci dans une machine à comprimer de l'air, et dans l'emploi de cet air comprimé pour entraîner l'air ambiant, il y a une succession de transformation de travail et par conséquent une cause de pertes de forces qu'il eût peut-être été utile de justifier par la comparaison entre les effets d'entraînement du simple écoulement de vapeur et ceux de l'air comprimé.

Peut-être l'analyse des effets comparables pourrait-elle amener la simplification des formules en calculant d'un côté la quantité de travail absorbée pour comprimer un certain poids d'air, et de l'autre l'effet utile mesuré par le poids de l'air entraîné multiplié par la vitesse d'entraînement.

M. Tresca dit qu'en ce qui concerne l'entraînement de l'air par un jet de vapeur, l'expérience a été faite au Conservatoire en même temps que les autres expériences rappelées par M. de Mondesir, et il communiquera à la Société les résultats obtenus.

M. Piarron de Mondesir répondant à une question posée par M. le Président sur la vitesse de l'air susceptible d'entraîner la poussière, fait observer que la vitesse de sortie des caillebottis est la même que dans les galeries d'aspiration, c'est-à-dire de 2 mètres à 3 mètres, et qu'à cette vitesse il n'y a aucun inconvénient à craindre de la poussière, qu'à la vérité l'expérience a été faite alors que l'on n'avait pas encore établi des cloisons dans le bâtiment de l'Exposition, et que l'établissement des séparations viendra peut-être modifier un peu les résultats obtenus.

Quant à la quantité d'air comprimé nécessaire pour produire l'entraînement d'une quantité d'air donnée, elle est facile à calculer, mais il a craint de fatiguer la Société en développant les calculs pour tirer des formules données celle qui permet d'obtenir immédiatement cette quantité.

La continuation de la communication est remise à la prochaine séance.

MM. Blanco, de Bracquemont, Orsat Voigner, Kimenez et Tournadre de Noaillat ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 1er Mars 1867.

Présidence de M. E. Flachat, *Président.*

Le procès-verbal de la séance du 15 février est lu et adopté.

M. le Président présente quelques observations auxquelles donne lieu le dernier exposé de la situation de l'Empire. Il pense que les membres de la Société liront avec un vif intérêt, dans cet exposé, la pensée du Gouvernement sur l'enseignement technique en ce qui touche le plus intimement la profession d'ingénieur :

Extrait de l'*Exposé de la situation de l'Empire.*

« L'enseignement technique, cet élément essentiel du progrès de la production, a été aussi de la part du Gouvernement l'objet de la plus sérieuse attention. Le conseil d'État a été chargé de l'étude d'un projet de loi destiné à développer cet enseignement en favorisant la création de nouvelles écoles par des subventions accordées sur les fonds de l'État.

« Parmi les établissements actuels d'enseignement technique, il en est deux, le Conservatoire des arts et métiers et l'École impériale centrale des arts et manufactures, qui occupent une situation exceptionnelle. Aussi l'Administration ne néglige-t-elle aucune des mesures propres à en favoriser le développement et le progrès.

« Les constructions qui doivent compléter le Conservatoire avancent vers leur achèvement; deux laboratoires et un troisième amphithéâtre sont installés. On utilise l'espace disponible pour l'agrandissement des collections.

« A l'École impériale centrale des arts et manufactures, le nombre des cours de sciences appliquées était devenu insuffisant pour les matières comprises dans le programme de ces cours; on l'a doublé. Un autre cours créé pour les constructions navales a ouvert aux élèves une voie nouvelle où les progrès de la navigation doivent les mettre à même d'utiliser leur savoir. La preuve, du reste, que ces mesures portent leurs fruits, c'est l'accroissement du nombre des diplômes d'ingénieurs des arts et manufactures qui se délivrent chaque année, et la faveur qu'ils trouvent dans le monde industriel.

« Ajoutons que les perfectionnements introduits dans le régime des Écoles impériales d'art et métiers par un décret de l'année dernière y ont été appliqués avec soin et paraissent devoir donner les bons résultats qu'on attendait.

« *École polytechnique.* — L'École polytechnique, réorganisée par un décret impérial du 30 novembre 1863, maintient son enseignement à la hauteur de la réputation qu'elle s'est acquise, et fournit aux services publics qui se recrutent dans son sein des sujets d'élite parfaitement préparés aux fonctions qui leur sont attribuées.

« Chaque année un nombre assez considérable d'élèves, qui n'ont pu obtenir, à la suite des examens de sortie, la position de leur choix, renoncent aux services publics pour aller utiliser dans l'industrie, soit en France, soit à l'étranger, où ils sont fort recherchés, les connaissances qu'ils ont acquises. Cet état de choses permet d'ad-

mettre à l'École des effectifs supérieurs aux besoins réels, et profite dans une assez large proportion aux progrès de l'industrie nationale.

« Le niveau des études littéraires s'élève depuis quelques années d'une manière notable, et le nombre des jeunes gens qui se présentent aux examens de l'École pourvus du diplôme de bachelier ès-lettres va sans cesse en augmentant. L'administration supérieure encourage de tous ses efforts cette heureuse tendance, qui ne nuit en aucune façon à l'enseignement scientifique. »

C'est la première fois, ajoute M. le Président, que le Gouvernement se montre soucieux de gratifier l'industrie du haut enseignement puisé à l'École polytechnique, et on ne peut lui en être trop reconnaissant.

Les progrès de l'enseignement technique supérieur sont manifestes. L'École centrale des arts et manufactures réclame un agrandissement prochain. Le local est insuffisant. L'accès à l'École polytechnique et aux externats de l'École des ponts et chaussées et des mines; l'École d'architecture fondée par un ancien élève de l'École centrale, M. Trélat, et destinée à relever le niveau scientifique d'une profession avec laquelle la nôtre a des points de contact intimes et incessants; l'École qu'un autre ancien élève de l'École centrale, M. Alcan, fonde en ce moment pour compléter les connaissances de l'ingénieur dans l'importante industrie des tissus; enfin le projet de loi qui vient d'être présenté pour faciliter l'enseignement technique à tous les degrés : ces développements, ces tentatives montrent un ensemble d'efforts et de vues qui doit aboutir à mettre notre profession à la hauteur de la grande lutte industrielle que l'abaissement des barrières de douane et l'économie des transports à grande distance ont fait surgir en France. Si ce pays veut progresser par le travail, il faut qu'il soit guidé par la science. Il faut donc puiser la science à toutes les sources, il n'y en aura jamais d'assez abondantes.

M. le Président donne communication de la description des nouveaux signaux qui viennent d'être installés sur plusieurs points du réseau du chemin de fer de l'Ouest, par M. Regnault.

Ces signaux ont pour but d'indiquer à distance le point que le mécanicien ne peut pas franchir. Il importait, en conséquence, de maintenir une différence bien marquée entre les signaux à distance, que l'on doit franchir pour se couvrir, et les signaux qui prescrivent l'arrêt absolu.

Pour le jour, ce but a été facilement atteint par l'emploi de signaux, soit à potence, amenant la cocarde au-dessus de la voie de façon à la barrer, soit à face carrée, déjà en usage sur les lignes du Nord. Ce signal est répété à distance par un signal ordinaire afin d'éviter toute surprise aux mécaniciens.

Pour la nuit, l'application de ce principe a été plus difficile à atteindre, mais cependant après plusieurs essais, M. Regnault est arrivé à faire présenter par une seule flamme deux feux espacés l'un de l'autre de $0^m,50$. Évidemment, deux flammes distinctes sur un même signal eussent pu donner le même résultat, mais l'extinction de l'une de ces flammes aurait enlevé à ce signal sa signification spéciale. Pour éviter ce grave inconvénient, M. Regnault a proposé par une note en date du 24 avril 1866, à M. Clerc, ingénieur des ponts et chaussées, chef du service de l'entretien et de la surveillance de la voie des lignes de l'Ouest, d'établir une lanterne dont les verres seraient disposés de façon à obtenir le résultat que l'on cherchait.

La lumière, placée au centre de cette lanterne, est dirigée de chaque côté, au moyen de deux réflecteurs paraboliques, sur deux miroirs présentant un angle de 45°, qui

la renvoient vers la machine ou le train qui doit être arrêté au moyen de deux ouvertures placées à 50 centimètres l'une de l'autre. Ces deux ouvertures sont garnies de verres rouges dépolis afin d'empêcher que le rayonnement ne fasse confondre à distance les deux feux en un seul.

Cette lampe, ainsi disposée, a été établie depuis l'époque indiquée ci-dessus sur plusieurs points du réseau de l'Ouest.

M. le Président invite les membres présents à indiquer la section dans laquelle ils veulent être compris pour les études sur l'Exposition universelle; il rappelle qu'on a distribué à cet effet une classification ayant pour objet de recevoir l'inscription des noms par spécialité.

L'ordre du jour appelle la discussion sur le procédé de ventilation mécanique, au moyen de l'air comprimé, communiqué par M. Piarron de Mondesir dans la dernière séance.

M. Tresca, après avoir pris connaissance de l'intéressant travail de M. de Mondesir, se propose d'indiquer les points sur lesquels il est d'accord avec lui, et ceux sur lesquels il se trouve en désaccord. Si M. de Mondesir s'était borné à faire connaître les particularités de son système, M. Tresca n'aurait eu qu'à confirmer les résultats indiqués dans le mémoire et n'aurait pas soulevé une discussion générale; mais, en se plaçant exclusivement au point de vue technique, qui est celui de cette assemblée, il lui a paru nécessaire d'examiner si le procédé de ventilation par l'air comprimé était nécessairement plus favorable que tous les autres, et s'il n'y avait pas dans les préoccupations de l'inventeur certains points dont l'importance avait été exagérée.

M. Tresca cite le passage du mémoire où M. de Mondesir, après avoir posé la formule $n = A' \sqrt{v}$, en tire la conclusion que la dépense de chaleur, dans le système de ventilation par appel doit être très-économique, au point de vue de la dépense de combustible, pour de petites vitesses, et très-dispendieuse au contraire pour de grandes vitesses. M. de Mondesir démontre en effet d'une façon très-intéressante et nouvelle que la dépense de combustible croît proportionnellement au cube de la vitesse, ce qui fait voir que la même proportion de la chaleur dégagée par la combustion est dans ce système toujours employée à vaincre les résistances et l'inertie.

M. Tresca fait voir que, quel que soit le système de ventilation, le travail à produire est toujours proportionnel au cube de la vitesse, et que, par conséquent, la proposition de M. de Mondesir elle-même tend à établir que la ventilation par la chaleur n'est pas nécessairement très-dispendieuse pour les grandes vitesses, puisque la quantité de chaleur dépensée est aussi proportionnelle au cube de la vitesse, et par conséquent au travail à produire. La ventilation par la chaleur établit dans un rapport constant entre la dépense et le travail à développer.

M. Tresca dit encore que c'est à tort que M. de Mondesir a laissé de côté dans la discussion, comme anormales, les deux premières des expériences extraites de l'ouvrage de M. le général Morin, *Études sur la ventilation*; car ces expériences sont concordantes avec les autres. En traçant les courbes qui représentent graphiquement les résultats de ces expériences, on reconnaît au contraire que les courbes sont aussi régulières qu'on peut l'espérer dans des phénomènes de cette nature.

M. Tresca arrive aux ventilateurs mécaniques. Il rappelle l'expérience frappante qui a été faite dans la dernière séance et consistant à insuffler de l'air comprimé dans l'axe d'un tuyau ouvert à l'air libre; suivant que ce tuyau était ouvert ou fermé, à l'amont, une bougie, présentée à l'aval, s'éteignait ou restait allumée. Cette différence

d'effet est très-remarquable; mais M. Tresca n'admet pas, pour cela, que la détente de l'air soit dans aucun cas stérile. Il y a, dans les deux cas, une perte de travail considérable résultant de l'injection d'une petite masse d'air, animée d'une grande vitesse; mais l'effet apparent de ce travail diffère dans la manière de se manifester suivant qu'il agit sur une masse en mouvement ou sur une masse d'air stagnant.

M. Tresca n'est donc pas d'accord avec M. de Mondesir sur la prétendue stérilité de la ventilation par procédés mécaniques. Il croit qu'il n'y a pas de solution bonne pour tous les cas indistinctement, que le procédé de M. de Mondesir a des qualités particulières, favorables dans certaines conditions; mais que, dans d'autres cas, il pourra être très-mauvais.

M. Tresca pense que la proposition de M. de Mondesir, que le travail est proportionnel, dans son procédé, au *carré* de la vitesse de ventilation, est erronée. L'injecteur de M. de Mondesir ne peut pas empêcher que le travail des résistances ne soit proportionnel au cube de la vitesse. D'ailleurs, au point de vue dynamique, cet appareil est mauvais, car son rendement est exprimé par $\frac{U}{V}$; et si, dans le cas le moins défavorable des expériences citées, $U = 2$ et $V = 100$, l'effet utile serait seulement de $\frac{1}{50}$.

L'expression de ce rendement se déduit facilement de la formule

$$mV = MU,$$

qu'emploie M. de Mondesir et qui exprime l'égalité entre les quantités de mouvement avant et après le choc.

La perte de travail est alors $\frac{mV^2}{2} - \frac{MU^2}{2}$, ou, en remplaçant MU par son égal mV,

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mUV}{2}.$$

Pour une dépense $\frac{mV^2}{2}$, on n'utilise donc que $\frac{mUV}{2}$, et le rendement est :

$$\frac{mUV}{2} : \frac{mV^2}{2} = \frac{U}{V}.$$

La quantité de travail à dépenser peut s'exprimer par la formule

$$T = NU^3,$$

N étant un coefficient qu'il faudrait calculer pour chaque canalisation

Où trouve-t-on le travail T? Avec l'emploi du ventilateur, c'est à la sortie de cet appareil; avec l'injecteur, c'est dans le jet, dont le rendement est $\frac{U}{V}$; donc la quantité de travail qui exprime la valeur dynamique du jet doit être :

$$NU^3 : \frac{U}{V}, \quad \text{ou} \quad NU^2 \times V,$$

et c'est ce facteur V que M. de Mondesir a négligé, en disant que dans son appareil, le travail était proportionnel au *carré* de la vitesse.

Cette loi n'est vraie que quand V est constant, et alors on n'arrive à la proportionalité avec la deuxième puissance qu'en s'arrangeant de manière à perdre une

plus grande quantité de travail à l'injection, le rapport $\frac{U}{V}$ étant alors beaucoup plus défavorable quand U est plus petit.

M. Tresca se résume donc en disant que l'appareil pourra être commode, dans certains cas, mais que son effet utile diminue à mesure que la vitesse du jet devient plus considérable.

Il ne faudrait pas croire cependant que le procédé de M. de Mondesir soit le seul qui donne lieu à des pertes de travail aussi considérables. Il résulte des diverses séries d'expériences faites sur l'installation du Conservatoire, que les chiffres comparatifs peuvent approximativement se résumer de la manière suivante :

Ventilation par la chaleur, en service continu, pendant l'été :
Nombre de mètres cubes par kilogramme de combustible....... 1836
Ventilation par la chaleur, en service continu, pendant l'hiver :
Nombre de mètres cubes par kilogramme de combustible....... 5400
Ce chiffre est soumis en ce moment à une vérification plus complète et ne doit être, quant à présent, considéré que comme approximatif.

Ventilation par l'air comprimé, système de M. de Mondesir et Lehaître :
Nombre de mètres cubes par chaque cheval, contenu dans la puissance vive du jet. Moyenne............ 5227
Ce qui, à raison de 3 kil. de charbon par cheval, revient à :
Nombre de mètres cubes par kilogramme de combustible....... 1742
Ventilation par jet de vapeur:
Nombre de mètres cubes par kilogramme de combustible....... 588

La production de vapeur était obtenue dans de mauvaises conditions, par suite de l'insuffisance de la chaudière et des condensations avant l'arrivée au jet.

Au champ de Mars, où les résistances étaient moindres et la vitesse du jet plus petite, on a obtenu jusqu'à 22,608 mètres cubes de ventilation par kilogramme de combustible.

Dans la ventilation par la chaleur, il y a un élément de perte particulier; c'est qu'en dehors des résistances passives de l'air dans les conduites, il y a encore la quantité de chaleur perdue dans l'air, chauffé inutilement. C'est pourquoi les chiffres fournis par l'expérience, directe, sont aussi peu éloignés les uns des autres, malgré la perte du travail dans l'action du jet moteur dans la ventilation avec injecteur. En outre, la cheminée n'est pas nécessaire aux ventilateurs mécaniques, et celle-ci crée, dans de faibles proportions il est vrai, de nouvelles résistances : tels sont les défauts de la ventilation par la chaleur.

Mais dans les ventilateurs mécaniques, il y a perte par la machine soufflante, perte par l'injecteur, si on s'en sert, et perte par la machine à vapeur qui ne rend, au point de vue de la théorie mécanique de la chaleur, au maximum, que $\frac{1}{10}$ de la chaleur en effet utile.

Enfin il y a encore, en faveur de la ventilation par la chaleur, cette considération à faire valoir qu'en hiver il faut chauffer nécessairement l'air de la salle et celui de la ventilation, et que cette chaleur est alors utilisée en partie pour aider à la ventilation elle-même.

M. Tresca termine en disant que les expériences de M. de Mondesir sont très-inté-

ressantes d'ailleurs; il lui a prêté avec grand plaisir son concours dévoué dans ses expériences, et il se félicite qu'un essai en grand soit en cours d'exécution au Palais de l'Exposition, où il n'était possible de songer à amener d'autre ventilation par la chaleur que celle qui se serait produite spontanément par la chaleur solaire.

M. Pierron de Mondesir complète l'exposition de la partie théorique du nouveau système de ventilation :

1° Il donne les formules qui permettent d'évaluer les proportions en poids et en volume de l'air comprimé moteur et de l'air atmosphérique entraîné;

2° Se basant sur la théorie mécanique de la chaleur et sur la théorie de l'entraînement de l'air par l'air, il donne de nouvelles formules pouvant servir à calculer le refroidissement dû à l'entraînement d'un jet comprimé.

Il démontre ainsi que le maximum du froid produit par la détente à l'air libre d'un jet d'air comprimé à haute pression est de 81°,77.

M. de Mondesir expose ensuite le programme général de quelques applications du nouveau système :

1° *En ce qui concerne la métallurgie* : Il complète ce qu'il avait exposé dans la séance précédente;

2° *En ce qui concerne les hôpitaux* : Il prend pour exemple l'hôpital Lariboisière qui présente une application comparative des deux systèmes connus de l'appel et de l'insufflation.

Il rappelle que le problème de la ventilation comporte deux termes : extraction de l'air vicié et introduction de l'air nouveau par des ouvertures spéciales.

Pour une salle d'hôpital ces deux quantités devront être sensiblement égales, afin d'éviter les graves inconvénients qui résulteraient soit d'une rentrée d'air par les portes et les fenêtres, soit d'une évacuation d'air vicié par les mêmes ouvertures.

Il constate, par les expériences faites à l'hospice Lariboisière, que cette condition essentielle n'est remplie par aucun des deux systèmes appliqués.

Il décrit ensuite une application du nouveau système à un hôpital de l'importance de celui de Lariboisière qui comprend 600 lits. La force motrice est calculée pour un refoulement et pour une extraction de 100 mètres cubes par lit et par heure, soit pour un entraînement total de 120,000 mètres cubes par heure, indépendamment de l'action de la ventilation naturelle.

Séance du 8 Mars 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 1er mars est lu et adopté.

M. le Président annonce que M. Vuillemin (Louis), membre de la Société, vient d'être nommé officier de l'ordre de la couronne de Chêne des Pays-Bas, et que M. Desgrange, également membre de la Société a été nommé chevalier de l'ordre de François-Joseph d'Autriche.

M. Foucou a la parole pour une communication sur les gisements et l'exploitation du pétrole dans l'Amérique du Nord.

Ce travail est divisé en deux parties :

Dans la première, l'auteur décrit, au double point de vue topographique et géologique, la distribution générale des gisements, en insistant d'une manière plus spéciale sur les trois gisements du Haut-Canada, de la vallée de « Oil Creek, » en Pennsylvanie, et de la vallée de la « Little Kanawha, » dans la Virginie occidentale, — gisements qu'il a visités en détail pendant les cinq derniers mois de l'année 1866. Cette première partie se termine par l'examen des diverses hypothèses qui ont été émises, tant en Europe qu'en Amérique, touchant l'origine du pétrole.

La seconde partie est consacrée aux procédés d'exploitation usités en Amérique. Ces procédés sont relatifs : 1° à l'extraction du pétrole brut; 2° au transport de cette matière; 3° à sa transformation en huile d'éclairage; 4° à l'utilisation de quelques-uns des sous-produits; 5° à la fabrication du gaz du pétrole; 6° à l'emploi du pétrole brut comme combustible. La fin de cette seconde partie contient quelques renseignements statistiques sur le commerce du pétrole de l'Amérique du Nord depuis l'époque de la découverte des gîtes importants.

Plusieurs cartes murales, quelques échantillons de roches et de fossiles, enfin un modèle de puits en cours d'exploitation, sont placés sous les yeux de la Société.

Les points où l'on a découvert le pétrole dans l'Amérique du Nord sont fort nombreux; mais, à l'exception des trois provinces du Haut-Canada, de Venango County en Pennsylvanie, de Wood County en Virginie occidentale, partout les gîtes se trouvent disséminés et les exploitations très-peu actives. Bien qu'il y ait du pétrole au Texas, dans le Missouri, dans les Montagnes Rocheuses, en Californie et sur d'autres points encore de l'immense région qui s'étend à l'ouest du Mississipi, on peut dire que les seuls gisements dont le commerce et la consommation aient à tenir compte, sont tous situés à l'est de ce grand fleuve.

Après avoir rappelé la succession des roches paléozoïques de l'Amérique du Nord, M. Foucou montre les sept horizons de pétrole rencontrés jusqu'à présent dans ces roches, entre la rive gauche du Mississipi et l'océan Atlantique. Ainsi l'on a rencontré le pétrole, en plus ou moins grande abondance, dans les conditions suivantes, en commençant par les terrains les plus anciens :

1° Parmi les grés de Potsdam (silurien inférieur) — vers le Mississipi, dans la région occidentale de l'état de Wisconsin. Il a été trouvé là sur un seul point et en très-petite quantité.

2° Parmi les calcaires de Trenton (silurien inférieur) — à l'île du grand Manitouan ; dans le Kentucky sud et quelques parties du Tennessee.

3° Parmi les calcaires cornifères (dévonien inférieur) — au Canada ouest. Très-abondant.

4° Parmi les grès de Catskill (dévonien supérieur, équivalent du vieux grès rouge d'Europe) — au cap Gaspé et dans la Pennsylvanie nord-ouest. Très-abondant.

5° Parmi les calcaires de montagne (carbonifère inférieur) — dans le Kentucky sud et le Tennessee nord.

6° Parmi les conglomérats de la houille (poudingues à grandes parties du terrain carbonifère inférieur) — dans la Pennsylvanie sud-ouest, la Virginie ouest et le Kentucky nord-ouest. Très abondant.

7° Enfin parmi les grès houillers et les schistes argilo-bitumineux sur lesquels re-

pose immédiatement la houille (carbonifère inférieur) — dans l'état d'Ohio et le Kentucky nord-est.

Il est remarquable que, jusqu'à ce jour, l'on n'ait rencontré nulle part en Amérique le pétrole dans les couches qui comprennent la houille (carbonifère moyen). Ces couches peuvent être considérées comme la limite supérieure des gisements.

Passant au détail des régions traversées par les horizons de pétrole, M. Foucou s'arrête d'une manière plus particulière sur les trois gîtes du Canada ouest, de la Pennsylvanie nord-ouest et de la Virginie ouest. Dans chacune de ces trois localités les puits sont distribués suivant une direction générale qui court à peu près du nord-est au sud-ouest et semble pouvoir être rapportée, la première à la fracture qui donne passage au fleuve Saint-Laurent, les deux autres au soulèvement de la chaîne des Alleghanys.

En relevant à la boussole un grand nombre de puits, dans ces trois régions, l'auteur a constaté un fait qui est bien connu des géologues et des exploitants d'Amérique : — à savoir que les accumulations de pétrole se rencontrent de préférence le long des axes anticlinaux vers lesquels convergent les roches soulevées. Tel est surtout le cas dans la Virginie occidentale. Ici, l'étage inférieur du terrain houiller a été soulevé de manière à rejeter à droite et à gauche l'étage moyen, la houille proprement dite — et cela quelquefois à une hauteur considérable. Or, les puits de pétrole sont échelonnés le long de l'axe de ce soulèvement partiel, et à peu de distance de la roche déchirée. Un peu plus loin, au nord-est et au sud-ouest de cette zône, la roche est soulevée sans être déchirée : aussi les puits, au lieu d'être alignés à droite et à gauche sur les bords de la zône, sont-ils distribués au milieu, dans l'axe même du soulèvement. L'on observe encore que l'huile est plus lourde et se rencontre à de moins grandes profondeurs dans le premier cas que dans le second. C'est du reste une loi générale que : plus on atteint de grandes profondeurs et plus l'huile devient légère; en même temps, à mesure que la densité du pétrole naturel diminue, la quantité de gaz dégagée de ces réservoirs souterrains augmente. M. Foucou a rapporté un grand nombre de tubes de gaz recueillis dans des conditions assez dissemblables et destinés à être analysés au collége de France.

L'étude comparée des sondages entrepris dans les régions à pétrole de l'Amérique du Nord, montre que partout où l'on a rencontré des réservoirs abondants, la sonde avait préalablement traversé une ou plusieurs couches d'une substance appelée par les anglais *soapstone*, et qui paraît être une sorte de stéatite grisâtre remplissant l'office d'un vrai bouchon d'argile imperméable. Il faut donc, pour trouver du pétrole en abondance dans un terrain, que ce terrain satisfasse à trois conditions : 1° que la cause organique ou éruptive qui a produit le pétrole se soit exercée en ce lieu; 2° que les mouvements de l'écorce terrestre y aient produit des cavités souterraines; 3° que le pétrole renfermé dans ces cavités y ait été conservé, grâce à une matière argileuse faisant l'office de tampon.

M. Foucou termine cette première partie de sa communication par l'examen des théories auxquelles a donné lieu la question de l'origine du pétrole. En Amérique, la plupart des savants et à leur tête le docteur Sterry Hunt de Montréal, pensent que cette origine est organique : des plantes marines et des animaux gélatineux dépourvus de matière azotée, ayant vécu longtemps avant l'époque du dépôt du terrain houiller, auraient produit par une décomposition lente, par une véritable distillation à vase clos, le pétrole que l'on recueille aujourd'hui. M. le baron Gauldrée

Boilleau, ingénieur des mines et consul général de France à New-York, qui a écrit plusieurs mémoires sur les pétroles du Canada, professe une opinion analogue; tout en attribuant aux grandes lignes de dislocation de l'écorce terrestre, dans la distribution des gisements, un rôle plus considérable que celui que leur concèdent les géologues américains. L'auteur saisit cette occasion d'adresser publiquement à M. Gauldrée Boilleau des remercîments sincères pour les nombreuses informations qu'il a mises à son service avec une libéralité bien connue de tous les Français qui visitent l'Amérique dans le but de s'instruire.

En Europe, les géologues ont une tendance plus marquée à donner au pétrole une origine éruptive. Telle est la conclusion des mémoires de M. de Chaucourtois sur l'application du réseau pentagonal à la recherche des gîtes bitumineux, mémoires dont M. Foucou lit quelques extraits. Les travaux de synthèse chimique de M. Berthelot, paraissent devoir autoriser aussi l'opinion que les pétroles sont produits à de grandes profondeurs dans le sein de la terre, par des réactions minérales de l'ordre de celles que l'on réalise dans les laboratoires. Enfin, les belles recherches de M. Charles Sainte-Clair Deville, ont montré depuis longtemps une constance remarquable dans la distribution des produits d'émanations volcaniques, et surtout la corrélation des trois corps — sel, soufre et bitume, — sur des alignements bien définis. A l'occasion de ces divers travaux, il faut rappeler que M. Daubrée, en mettant en présence du bois de sapin et de l'eau, soumis pendant un mois à une haute température, a obtenu de l'anthracite et des preuves évidentes d'un dégagement de pétrole. L'auteur pense que l'étude systématique des gisements de sel et de soufre voisins des gisements de pétrole, peut conduire à des résultats importants, à des règles pratiques de recherches. La région pétrolifère des Apennins lui paraît surtout devoir être favorable à ces études, parce qu'on y trouve à la fois le pétrole tout formé, les dégagements d'hydrocarbures gazeux et d'hydrogène sulfuré, les eaux salées, enfin les dernières manifestations d'une activité volcanique.

Passant à la partie de l'exploitation, M. Foucou montre d'abord en quoi consiste l'outillage élémentaire d'un puits à pétrole en Amérique. Cet outillage permet de forer en trois mois, pour une somme de 10 à 12 mille francs, des trous de sonde de 8 à 10 centimètres de diamètre, et de 200 mètres de profondeur. Les Américains sondent très-souvent à la corde, mais souvent aussi avec des tiges de bois. Autrefois l'huile sortait avec le gaz, et il en résultait que la moindre imprudence causait des conflagrations terribles. Aujourd'hui le départ des gaz a lieu dans un tuyau séparé, et ces gaz sont brûlés en guise de combustible sous les chaudières qui font mouvoir les pompes. Cette séparation s'effectue dans le puits, à la hauteur de la fissure d'où vient le gaz : on emploie à cet effet le *seed bag* ou sac à graine, sorte de long fourreau de cuir, bourré de graine de lin; par sa dilatation au contact de l'eau ou de l'huile, cet appareil produit une fermeture hermétique. Aussi, en fait-on usage dans plusieurs autres cas, pour se préserver de l'invasion des eaux, boucher momentanément l'orifice d'un puits d'où l'huile vient de jaillir avec force, etc., etc. Un autre appareil, destiné à élargir les crevasses ou à en former de nouvelles dans l'intérieur de la terre, est le *Torpedo*, inventé par le colonel Roberts. C'est un cylindre de fer très-épais et à compartiments, chargé avec de la poudre et de la nitro-glycérine : on descend l'appareil avec une corde au fond du puits et on laisse tomber le long de la corde roidie, un poids qui fait éclater une capsule enfermée à la partie supérieure du Torpedo. La production d'huile, surtout en Virginie, a été considérablement augmen-

tée par ce procédé. Le colonel Roberts se propose de construire des Torpedos de 30 mètre de long et plus.

Le transport des huiles a donné lieu aussi à un véritable progrès. Au lieu de barils, toujours difficiles à transporter au milieu des bois et des montagnes, on tend à employer des tubes de fer posés sur des chevalets et mesurant, dans quelqus localités, jusqu'à 10 et 12 kilomètres de long. En Virginie, une machine de 24 chevaux-vapeur refoule à une distance de 6 kilomètres environ, 80 barils d'huile légère par heure. a même machine ne refoule que 20 barils d'huile lourde, dite *lubricating oil* parce qu'elle est employée par les chemins de fer à graisser les essieux et les pièces des machines. Le prix de ce mode de transport est de 2 fr. à 2 fr. 50 c. par baril, tandis qu'il en coûtait autrefois 5 fr. et 6 fr., alors que l'on ne pouvait guère transporter sur un même véhicule attelé de deux chevaux, plus de trois barils à la fois. Un autre avantage de cette innovation, a été de drainer la partie grossière de la population des régions à pétrole, celle des charretiers et palefreniers qui sont allés chercher ailleurs du travail. Aujourd'hui l'on vit très-paisible dans ces régions et tout autant en sécurité que dans nos grandes villes d'Europe.

Après avoir donné quelques détails sur les raffineries américaines et l'utilisation des sous-produits, M. Foucou termine par la lecture de quelques documents statistiques. En 1861, la quantité de pétrole exportée des États-Unis, n'était que 1,200,000 gallons environ ; elle s'est élevée en 1866, à 67 millions et demi. Jusqu'en 1865, inclusivement, elle n'avait pas atteint 31 millions de gallons : c'est donc de l'année dernière seulement que date le grand essor de la production. Sous l'influence des bas-prix qui en sont résultés, la production diminue en ce moment : d'un côté, les Américains arrêtent les puits qui ne rendent pas plus de 10 à 15 barils par jour, car au prix de 1 dollar 50 cents par baril, de tels puits ne sont pas rémunérateurs ; d'autre part, la spéculation s'éloigne momentanément du pétrole et l'on approfondit beaucoup moins de puits nouveaux, que pendant ces dernières années.

Pour ces motifs, il est indubitable que le prix des pétroles remontera dans un temps plus ou moins long. Mais aujourd'hui les bas pris ont eu ces deux résultats : 1° de répandre beaucoup la consommation en Europe ; 2° de montrer aux raffineurs européens qu'il leur est extrêmement difficile de lutter contre les raffineurs américains. Aussi les statistiques accusent-elles une tendance des plus nettes de la part des Européens, à importer de moins en moins le pétrole brut et de plus en plus le pétrole raffiné. Enfin, l'auteur pense que l'avenir des pétroles bruts en Europe, soit qu'ils proviennent de puits européens, soit qu'ils aient été importés d'Amérique, est entièrement subordonné à l'application de cette substance au chauffage industriel. Des tentatives nombreuses se font, des deux côtés de l'océan Atlantique et avec un demi-succès, dans cette direction si importante. Le succès complet ne paraît pas douteux, avec l'aide du temps et de la science pure.

Parmi les personnes invitées à assister à la séance, était présent M. Wedworth Clarke, l'un des promoteurs de l'industrie du pétrole aux États-Unis. M. Clarke a annoncé à la Société qu'il fait venir en ce moment d'Amérique un outillage complet de puits à pétrole, dans le but de l'exposer dans Paris, et il invite MM. les Membres à aller visiter en détail cette installation lorsqu'elle sera achevée.

Cette communication est suivie de quelques détails sur l'établissement des appareils de sondage, sur la construction des foyers chauffés par le gaz de pétrole, sur le diamètre du trou de sonde et des pompes élévatrices, sur la double formation du gaz

et de l'huile dans le même gîte ; ces détails se retrouveront dans le bulletin de la Société où le mémoire de M. Foucou sera inséré.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Foucou de son intéressante communication.

MM. André, Bobin, Bouisson, Brotchi et Moreau ont été nommés membres de la Société.

Séance du 15 Mars 1867.

Présidence de M. E. FLACHAT.

Le procès-verbal de la séance du 8 mars est adopté.

Il est donné lecture d'une lettre de M. le général Morin, président honoraire de la Société qui envoie pour la bibliothèque un exemplaire du rapport qu'il a rédigé au nom de la Commission de l'enseignement technique, instituée auprès du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

Les principes développés dans ce rapport ont servi de bases au projet de loi récemment soumis aux délibérations du Corps législatif.

Le but de cette loi est de répandre parmi les travailleurs les données de la science et de l'expérience. Le moyen proposé est d'aider toutes les initiatives départementales, municipales ou privées, dans les efforts qu'elles feront pour créer des enseignements techniques.

« Pour un pareil enseignement, ajoute le général Morin, il est évident qu'il serait « fait appel aux ingénieurs civils versés dans la pratique des arts et manufactures, et « c'est ce qui m'a fait penser que les membres de la Société y trouveraient de nou- « velles occasions d'utiliser leurs connaissances et leur expérience au profit de notre « industrie nationale. »

M. Delonchant fait hommage à la Société de deux spécimens des figures en relief destinées à l'enseignement de la géométrie descriptive, dont il exécute une suite complète.

Dans ces modèles, les différents plans utiles aux démonstrations sont représentés par des feuilles de mica, qui permettent de voir en même temps que leur projection les figures dans l'espace.

M. ARSON communique à la Société trois échantillons de dépôts qui ont été recueillis sur le flotteur et sur la tige du flotteur du réchauffeur d'une chaudière à vapeur.

Le premier A s'est déposé en partie sur la tringle et en partie sur la calotte du flotteur.

Ce tartre peu compacte se laisse facilement écraser entre les doigts.

Le second B, déposé sur la tringle, est beaucoup plus dur que le précédent, il est formé de deux couches bien distinctes : la première occupe la partie extérieure et a la même composition que le tartre A ; la seconde couche épaisse de 2 centimètres est très-dure.

Le troisième C, déposé uniquement sur la calotte du flotteur, est très-compacte et diffère des précédents par la faible quantité d'eau qu'il contient et par la présence de matières organiques en quantité appréciable, tandis que les tartres A et B n'en contiennent pas trace.

Voici l'analyse des trois dépôts :

	A	B	C
Eau	27	20	15
Carbonate de chaux	69	78	79
Sulfate de chaux	4	2	»
Matières organiques	»	»	6
	100	100	100

M. FLACHAT dépose sur le bureau une boule de matière calcaire et graisseuse qui lui a été remise par M. Convers, ingénieur de la Compagnie transatlantique. Une quarantaine de ces boules ont été trouvées au retour de New-York, dans les chaudières de *la Ville de Paris*, dont les machines sont munies de condenseurs à surface. Ces condenseurs ont réussi à préserver la chaudière de toute incrustation dans les huit traversées accomplies par ce navire, la saturation n'a jamais été au-dessus de 1°5 et l'eau s'est trouvée toujours très-limpide. Dans la dernière traversée le mauvais temps a été exceptionnel, les mouvements du navire ont dû contribuer à mêler les matières grasses avec les matières calcaires qui sont habituellement chassées par des extractions toutes les douze heures. L'échantillon sera remis à M. Tresca, en le priant de déterminer sa composition.

Il est donné lecture d'une lettre par laquelle M. Toni Fontenay rappelle qu'il a proposé il y a déjà plusieurs années, *le mode de ventilation consistant dans l'entraînement de l'air atmosphérique par un jet d'air comprimé*, dont M. Piarron de Mondesir a entretenu la Société dans la séance du 15 février. M. Toni Fontenay avait projeté d'employer ce mode de ventilation pour la construction du tunnel du Mont-Cenis, et pour le tunnel du Simplon.

Il est décrit dans le mémoire de M. Toni Fontenay, publié en 1863 par la Société des ingénieurs civils, et il est représenté fig. 6 planche 27, qui accompagne ce mémoire. (2e série.)

M. DE MONDESIR termine sa précédente communication sur l'emploi de l'air comprimé à la ventilation des hôpitaux.

Il démontre qu'une force de 14 chevaux-vapeur serait suffisante pour ventiler et en même temps pour chauffer à l'air tiède toutes les salles de l'hôpital de 600 lits qu'il a pris pour exemple.

2° *En ce qui concerne les théâtres*, M. de Mondesir prend pour exemple le Théâtre-Lyrique.

Il constate, d'après les expériences faites sur la ventilation de cette nouvelle salle :

1° Que le volume d'air évacué par l'appel de l'appareil d'éclairage, et par l'appel des deux cheminées supplémentaires de ventilation, peut atteindre en toute saison le chiffre de 55,000 à 60,000 mètres cubes par heure ;

2° Que le volume d'air nouveau provenant du puits d'aérage établi dans le square de la tour Saint-Jacques varie suivant la saison entre 30,000 et 40,000 mètres cubes. Il est plus considérable en hiver qu'en été.

Il résulte de ces observations que la proportion des rentrées d'air par les portes et la scène varie entre *la moitié* et *les cinq sixièmes* de l'air évacué.

Il en conclut que le problème complet de la ventilation est loin d'être résolu au Théâtre-Lyrique, puisque l'inconvénient grave des rentrées d'air par les portes subsiste dans une notable proportion, même quand les appareils fonctionnent avec toute la régularité désirable.

M. de Mondesir fait remarquer que dans le cas d'un théâtre, s'il y a des inconvénients à ce que l'aspiration domine le refoulement, il n'y en a aucun dans le cas contraire.

Il décrit ensuite l'application très-simple du nouveau système au Théâtre-Lyrique, et démontre par le calcul qu'une force motrice de 8 à 10 chevaux serait suffisante pour refouler dans la salle 65,000 mètres cubes par heure d'air frais en été et tiède en hiver.

4° *En ce qui concerne l'application aux navires*, M. de Mondesir s'excuse de ne pas être encore en mesure de traiter convenablement cette question importante.

Il se borne à dire qu'il est intimement convaincu que cette application est très-praticable, en raison de la facilité avec laquelle l'air comprimé se transporte lui-même sur un point quelconque, puis y détermine un aérage pour ainsi dire local, et qu'elle peut rendre de très-grands services à bord des bâtiments de la marine militaire et commerciale.

5° *Enfin en ce qui touche l'application à la soufflerie des forges*, M. de Mondesir prend pour exemple une soufflerie de 50 forges avec tuyères de $0^m,07$ fonctionnant à la pression de $0^m.10$ de hauteur d'eau.

Il calcule d'abord que la force motrice nécessaire pour faire marcher simultanément les 50 tuyères avec un ou plusieurs ventilateurs mécaniques est d'environ 50 chevaux.

Il décrit ensuite la nouvelle installation appropriée à l'application du nouveau système. L'air ambiant serait entraîné dans chaque tuyère par un jet comprimé alimenté par une canalisation spéciale. Au moyen d'un injecteur à air, l'ouvrier ferait varier à volonté la vitesse du courant.

Il fait voir qu'en employant de l'air moteur comprimé à la pression de $0^m.90$ de hauteur d'eau, la force développée par le moteur sur de bonnes pompes de compression, dans le genre des exhausteurs à gaz, serait également de 50 chevaux comme dans le cas du ventilateur mécanique.

Il fait ressortir les avantages pratiques de cette application.

M. le Président donne la parole à M. Lehaître pour exposer la théorie générale de la ventilation des mines par l'air comprimé.

M. Lehaître fait remarquer que pour les mines, surtout pour celles de charbon *dites à grisou*, une ventilation active est indispensable, parce qu'il y a un grand nombre de causes qui altèrent l'air des galeries: il énumère ces principales causes, provenant :

1° De la respiration des ouvriers;

2° De la combustion des lampes;

3° De la respiration des animaux;

4° De la décomposition et de la fermentation des matières animales;

5° De la combustion lente de la houille, du bois et des pyrites.

Il examine quels sont les gaz produits, ceux délétères plus lourds que l'air et qui

se placent dans les parties inférieures des galeries, et ceux détonants plus légers que l'air, qui se logent dans les parties supérieures. Il signale les inconvénients pour les ouvriers et pour l'exploitation des mines, de la présence de ces gaz dans les galeries, et il insiste sur les détonations qui peuvent se produire par l'inflammation des gaz combustibles.

Il fait ensuite le calcul approximatif de la quantité d'air nécessaire pour renouveler l'air d'une mine occupant 100 ouvriers dans un étage de galeries, et pour opérer la diffusion des gaz renfermés dans ces galeries, et il arrive à ce résultat, qu'il faut envoyer environ 4 mètres cubes par seconde d'air pur dans les galeries, pour obtenir une atmosphère convenable pour la respiration des ouvriers et pour extraire les gaz délétères formés.

M. Lemaitre décrit ensuite les moyens employés dans les mines pour opérer la ventilation ; il fait remarquer combien ces moyens présentent d'inconvénients, en laissant en dehors de l'action du courant d'air, les gaz délétères et les gaz combustibles, de sorte que ces moyens de ventilation n'empêchent point les explosions qui ont lieu si souvent dans les mines; il fait remarquer aussi que dans le cas de catastrophe les ouvriers ne peuvent être secourus avec la rapidité qu'on aurait besoin d'obtenir pour les sortir de l'espace étroit où ils sont renfermés par les éboulements, et où ils périssent presque toujours par asphyxie, s'ils n'ont point été tués par l'explosion même.

M. Lemaitre donne ensuite la description du système de ventilation par l'air comprimé qu'il propose, et qui repose sur le principe de l'entraînement ; il fait la description des travaux simples, qu'il faudrait établir, soit dans les puits soit dans les galeries, et il explique comment les appareils devraient fonctionner, pour obtenir un courant continu dans toutes les galeries, en plaçant de distance en distance des jets moteurs d'air comprimé pour compenser les frottements sur les parois, si irréguliers des galeries. Il indique aussi les moyens très-simples, qu'on aurait à employer pour opérer la diffusion des gaz combustibles ou délétères qui se trouvent dans les cavités des galeries et dans les poches produites par les éboulements, et qui ne peuvent opérer leur diffusion dans le courant d'air de la galerie.

M. Lemaitre fait remarquer que ce système de ventilation serait complet, qu'il éviterait tout accident dans les mines, et que dans le cas même où des éboulements viendraient à se produire, il serait facile de porter secours aux ouvriers en leur envoyant la quantité d'air dont ils auraient besoin et qu'il serait même possible de leur faire parvenir des aliments liquides confortatifs.

M. Lemaitre termine sa communication, par le calcul approximatif de la dépense pour l'aération d'un atelier de 100 mineurs, et il arrive à ce résultat qu'il faudrait une force d'environ 5 à 6 chevaux-vapeur, ou une dépense moyenne de 4 fr. 30 c. environ par 24 heures pour opérer la ventilation complète de l'atelier, et pour entraîner tous les gaz délétères ou combustibles, qui causent tant d'accidents dans les mines de charbon.

M. Tony Fontenay dit qu'il est heureux de voir que d'autres ingénieurs se soient rencontrés avec lui pour proposer ce moyen, le seul qu'il croie d'une application avantageuse dans le percement des tunnels où l'air comprimé, après avoir servi à faire mouvoir des outils et des machines d'épuisement conserve encore assez de détente pour produire l'entraînement de l'air dans des tuyaux d'aérage convenablement disposés.

La discussion est de nouveau ouverte sur la précédente communication.

M. de Mondesir répond aux observations qui lui ont été faites par M. Tresca, au sujet de sa communication du 15 février.

Il rappelle qu'il a énoncé deux propositions principales :

1° Dans la ventilation par appel direct de la chaleur, la dépense de combustible croît proportionnellement au cube de la vitesse d'entraînement;

2° Dans la ventilation par l'air comprimé, la dépense de force motrice, et par conséquent la dépense de combustible correspondante, croissent proportionnellement au carré de la vitesse d'entraînement, *la vitesse* V *de l'air comprimé moteur restant constante.*

M. Tresca admet parfaitement la première proposition ; mais il conteste la seconde.

La première proposition n'étant pas contestée, je n'aurais dû y revenir, si je ne tenais à me disculper à vos yeux d'un reproche que m'a adressé M. Tresca, relativement à la citation que j'ai cru devoir faire des expériences de M. le général Morin dans la cheminée de la direction du Conservatoire.

J'ai dit que les deux premières de ces huit expériences paraissaient anormales.

M. Tresca me répond que ces deux expériences concordent parfaitement avec les autres, et il le prouve en produisant le tracé graphique original de ces expériences qui présente une courbe assez régulière.

Je connaissais parfaitement cette courbe qui est reproduite, dans l'ouvrage du savant général, à la page 316 du premier volume, et qui présente encore plus de régularité que la courbe originale.

Seulement cette courbe n'est pas d'accord avec le tableau de la page 315, en ce qui concerne les deux premières expériences.

Voici la courbe construite par M. Lehaître d'après les chiffres inscrits à ce tableau. Vous voyez que les résultats des deux premières expériences forment une sorte de palier tout à fait en dehors du prolongement de la portion de courbe, assez régulière du reste, donnée par les six dernières.

Si la courbe de la page 316 est conforme aux résultats de l'expérience, il y a nécessairement une erreur typographique dans les deux premiers chiffres du tableau de la page 315, ce qui explique l'anomalie que j'ai signalée.

Cette erreur rectifiée d'après les ordonnées de la courbe de la page 316 ferait disparaître toute anomalie, et les résultats des huit expériences viendraient tous à l'appui de la vérification de la première proposition.

M. Tresca prétend que dans un système de ventilation quelconque, la dépense de la force motrice est toujours proportionnelle au cube de la vitesse d'entraînement, ce qui est en contradiction directe avec la seconde proposition.

Voici comment M. Tresca arrive à le démontrer.

Il commence par établir que le rendement mécanique du jet est égal à $\frac{U}{V}$.

Je suis parfaitement d'accord avec lui sur ce premier point.

Il évalue ensuite le travail dynamique du jet par la fonction :

$$N U^2 \times V,$$

N étant un coefficient constant pour le même appareil de ventilation.

Ici je suis encore d'accord avec lui, puisque j'ai posé moi-même, page 14 de la communication du 15 février :

$$\frac{E U^2 \times V}{F} = Co;$$

d'où l'on tire pour la valeur du travail dynamique de jet :

$$F = \frac{E}{Co} \times U^2 \times V = N U^2 \times V,$$

en faisant

$$\frac{E}{Co} = N.$$

Que dit ensuite M. Tresca ?

Je lis textuellement :

« C'est ce facteur V que M. de Mondesir a négligé, en disant que dans son appareil, « le travail était proportionnel au carré de la vitesse. »

« *Cette loi n'est vraie que quand V est constant*, et alors on n'arrive à la propor- « tionnalité avec la deuxième puissance, qu'en s'arrangeant de manière à perdre une « plus grande quantité de travail à l'injection, le rapport $\frac{U}{V}$ étant alors beaucoup « plus défavorable quand U est plus petit. »

Je constate tout d'abord que M. Tresca, qui se proposait de nous démontrer que ce travail dynamique de jet était proportionnel au cube de la vitesse U, nous démontre au contraire qu'il est proportionnel au carré de cette vitesse U, *quand V est constant.*

Il dit en effet : *Cette loi n'est vraie que quand V est constant.*

Mais nous sommes parfaitement d'accord sur ce point. Je n'ai jamais dit ni écrit que la loi des carrés subsistait quand on faisait varier la vitesse V. Ce que j'ai énoncé, et ce que M. Tresca reconnaît lui-même, c'est que la constance de V est indispensable pour établir la loi des carrés.

M. Tresca me reproche d'avoir *négligé ce facteur V*. Je ne l'ai point négligé, puisqu'il figure dans mon équation (5). Je le considère comme constant, et c'est mon droit, quand je maintiens l'air comprimé à la même pression.

Tout en concédant la loi des carrés, *quand V est constant*, M. Tresca nous dit : *que nous nous arrangeons de manière à perdre une plus grande quantité de travail à l'injection, le rapport $\frac{U}{V}$ étant alors beaucoup plus défavorable quand U est plus petit.*

Sans doute, le rendement mécanique $\frac{U}{V}$ ne reste pas constant, et c'est précisément cette circonstance qui ne permet pas de démontrer théoriquement que le travail dynamique du jet est proportionnel au cube de la vitesse V.

Ce rendement mécanique devient en effet de plus en plus défavorable au fur et à mesure que la vitesse U diminue, la vitesse V conservant la même valeur.

M. Tresca en conclut que notre appareil est mauvais.

Notre appareil est mauvais, dit M. Tresca, parce que nous n'avons pas de rendement mécanique.

Mais c'est le plus bel éloge qu'il puisse en faire. Moins nous aurons de rendement mécanique, et plus nous entraînerons d'air par force de cheval. Moins nous aurons de rendement mécanique, et moins nous aurons de force perdue ; car la force vive d'un courant de ventilation, est une force qui se dissipe inutilement dans l'atmosphère.

M. Tresca estime le mérite d'un appareil de ventilation comme s'il était destiné à

produire un effet dynamique. Il est cependant bien évident que ce n'est pas là ce qu'on se propose quand on fait de la ventilation.

Le but de tout appareil d'aérage est d'entraîner la plus grande masse d'air possible par force de cheval ou par kilogramme de charbon.

Le véritable effet utile de la ventilation ne consiste donc pas dans le plus ou moins de force vive de courant produit, mais bien dans la masse d'air entraîné.

La mesure de cet effet utile n'est donc pas le kilogrammètre, c'est le mètre cube.

M. le général Morin, dont l'autorité en pareille matière ne saurait être contestée, n'estime pas autrement cet effet utile de ventilation. Quand il cite, dans son ouvrage, des résultats de ventilation, c'est toujours en comparant le volume d'air entraîné et la dépense de force motrice ou de combustible.

M. Tresca lui-même, dans sa communication du 1er mars, n'emploie pas d'autre mesure quand il vous cite les principaux résultats des expériences comparatives du Conservatoire.

En tout cas, je m'appuie ici sur sa propre opinion et sur celle du savant Directeur du Conservatoire, pour constater que le véritable effet utile de ventilation doit s'estimer en mètres cubes et non pas en kilogrammètres.

Cet effet utile, qu'on peut appeler *le rendement de la ventilation*, est donné, pour le système de l'air comprimé, par la fonction :

$$\frac{\mathrm{E}u}{\mathrm{F}} = \frac{\mathrm{C}}{u \times \mathrm{V}}.$$

Quand V *est constant*, cet effet utile est d'autant plus grand que la vitesse d'entraînement u est plus petite.

Le rendement mécanique qui a pour expression $\frac{u}{\mathrm{V}}$, diminue au contraire avec u, *toujours quand* V *reste constant*.

Il en résulte que le *rendement de ventilation sera d'autant meilleur que le rendement mécanique sera plus mauvais*.

J'avais donc raison de vous dire qu'en attaquant notre rendement mécanique, M. Tresca faisait le plus bel éloge de notre appareil.

Les exemples ont un grand avantage; c'est celui de jeter de la lumière sur les objets en discussion.

Permettez-moi, Messieurs, de vous en citer un seul, celui de l'application qui se prépare au Champ de Mars.

Vous n'avez point oublié que dans cette application de notre système on installe 16 jets moteurs devant refouler, à la vitesse de 2 mètres, une masse d'air totale d'environ 700,000 mètres cubes par heure.

La vitesse moyenne V de l'air comprimé moteur étant d'environ 100 mètres, le rendement mécanique du jet est égal à :

$$\frac{\mathrm{U}}{\mathrm{V}} = \frac{2}{100};$$

Et comme les appareils de compression qui entretiennent les 16 jets moteurs auront un rendement moyen d'environ 50 p. 100, il s'ensuit qu'on n'utilisera, au point de vue dynamique, que 1 p. 100 de la force motrice.

M. Tresca trouve sans doute ce résultat mauvais.

Supposons maintenant qu'au lieu de 16 galeries souterraines rayonnantes, la con-

struction de l'édifice en comporte 32 de même section que les 16 existantes. Supposons également qu'au lieu de 16 jets on en ait installé 32, en conservant la même pression moyenne à l'air comprimé moteur.

En donnant aux 32 jets un diamètre égal à la moitié du diamètre des 16 jets actuels on obtiendrait dans la galerie rayonnante une vitesse de 1 mètre seulement, conformément à la formule de l'entraînement qui n'est pas contestée.

Le volume d'air total refoulé dans le Palais serait évidemment le même que dans l'application actuelle.

Mais le rendement mécanique serait diminué de moitié, de telle sorte que l'on n'utiliserait plus, dans cet ordre d'idées, qu'un 1/2 p. 100 de la force motrice.

M. Tresca doit trouver ce résultat encore plus mauvais que le premier.

Cependant il est facile de voir que la dépense de force motrice serait moitié moindre avec 32 jets qu'avec 16.

En effet, chacun des 32 jets présentant une section 4 fois moindre, débiterait 4 fois moins d'air comprimé et dépenserait par conséquent 4 fois moins de force motrice.

Les 32 jets n'exigeraient donc plus qu'une force motrice de 52.50 chevaux-vapeur au lieu de 105 chevaux-vapeur employés actuellement.

Cet exemple prouve clairement que *le rendement de ventilation* serait doublé, alors que le rendement mécanique serait réduit de moitié.

En répondant à M. Tresca, je tenais à établir ici que les propositions théoriques que j'ai énoncées ne sont point entachées d'erreur.

Je tenais également à poser la question de l'effet utile résultant de la ventilation sur son véritable terrain, et à préciser l'unité de mesure qu'il convient de prendre pour estimer le mérite d'un système quelconque de ventilation.

M. Tresca croit devoir maintenir ses assertions précédentes au sujet du système exposé par M. de Mondesir, en le critiquant au point de vue de l'effet utile quand il ne représente que 2 p. 100 du travail dépensé.

En effet, lorsqu'on veut estimer une action mécanique, il faut déterminer les quantités de travail utilisées et perdues.

Pour faire une ventilation dans un circuit donné, il doit y circuler une quantité d'air déterminée, la vitesse est obligatoire, les résistances sont proportionnelles aux cubes des vitesses, et tout ce qui n'est pas utilisé est perdu en frottements. Cette loi subsiste quel que soit le mode employé pour produire le mouvement et par conséquent pour l'appareil de M. de Mondesir comme pour tous les autres ; par suite, la dépense est toujours proportionnelle au cube de la vitesse.

Ce en quoi le système de M. de Mondesir peut être réellement avantageux, c'est qu'il permet de localiser la ventilation ; aussi pourra-t-il rendre des services réels dans les mines dans certains cas particuliers, et au Champ de Mars, où d'autres systèmes ne pourraient pas rendre les mêmes services.

Mais il ne faut pas croire qu'il faille l'employer partout et toujours.

M. Tresca reconnaît l'exactitude des chiffres qui ont été tirés des procès-verbaux des expériences faites au Conservatoire, mais il conteste les calculs auxquels ces chiffres ont servi de bases.

Pour faire ressortir les avantages de l'emploi de l'air comprimé, on a comparé des résultats de calculs avec ceux que donnaient en marche des appareils que tout le monde sait ne fonctionner que dans de mauvaises conditions, ou même ne pas fonctionner du tout, comme par exemple celui du Théâtre-Lyrique. Il valait mieux laisser

la comparaison dans les conditions mêmes où elle avait été faite, c'est-à-dire dans les applications des deux systèmes à l'amphithéâtre du Conservatoire des Arts et Métiers.

Pour suppléer aux anciens appareils, on propose d'en substituer deux : un pour l'appel de l'air vicié, l'autre pour l'injection de l'air frais; mais cette application déjà proposée donnera lieu à une double dépense, et qui sait si dans une salle de spectacle où il y a nécessairement un grand nombre de portes, établissant des courants dans diverses directions, l'expérience réussirait aussi bien que dans une petite chambre n'ayant que quelques mètres cubes de capacité, dans laquelle il n'y avait que trois ouvertures, toutes les fissures ayant été bouchées avec le plus grand soin?

Mais dans tous les cas, que pour ventiler on agisse par insufflation ou par aspiration, il faut toujours qu'il y ait une différence de pression pour produire le mouvement, et les orifices d'écoulement doivent être assez grands pour que l'ouverture d'une porte n'ait pas d'influence sensible.

Il est préférable encore de s'arranger de manière que cette cause perturbatrice soit supprimée en mettant des doubles portes, ce qui permettrait toujours, à l'aide des précautions convenables, d'éviter tous inconvénients.

En résumé, ajoute M. Tresca, je maintiens ce que j'ai dit : la dépense de travail moteur est nécessairement proportionnelle au cube de la vitesse dans tous les systèmes; vous n'arrivez à une autre loi qu'en vous plaçant, pour les petites vitesses, dans des conditions tout à fait défavorables, et quant à vos évaluations de dépenses, il ne faudrait pas oublier que vos expériences ont été faites dans des conditions spéciales; celle du Champ de Mars entre autres a eu lieu lorsque l'édifice n'était pas couvert, et lors de l'application il y aura probablement plus de résistance.

Néanmoins, l'expérience est intéressante; elle prouve que pour cette application particulière, l'appareil sera convenablement employé, bien qu'au point de vue de l'utilisation mécanique il ne soit certainement pas le meilleur.

En terminant, M. Tresca veut dissiper les doutes soulevés par M. de Mondesir au sujet de la courbe des expériences faites par M. le général Morin, dans la cheminée de la direction du Conservatoire, et dans lesquelles le gaz d'éclairage a été employé comme source de chaleur.

A la vérité, si on traduit graphiquement, comme l'a fait M. Lehaître, les chiffres recueillis, ce tracé rigoureux forme un petit palier; mais lorsqu'il s'agit d'expériences comme celles relatives à la ventilation, on peut et même on doit prendre une moyenne pour tracer la courbe; et alors on obtient la figure régulière qui est représentée dans l'ouvrage de M. le général Morin, courbe qui démontre, ainsi que nous l'admettons M. de Mondesir et moi, que la dépense est proportionnelle au cube de la vitesse.

Enfin, M. Tresca pense que lorsqu'il s'agit d'établir une ventilation, il faut peser toutes les conditions et choisir celle des solutions qui remplit le mieux les conditions spéciales du problème, et se bien garder de croire qu'il y ait dans cette question une solution unique et toujours préférable. Le problème de la ventilation est un problème difficile, et ce qui restera pour nous de cette discussion, c'est que dans chaque cas particulier que nous aurons à traiter, au point de vue professionnel, il nous faudra examiner en détail chacun des avantages des divers systèmes avant de faire notre choix.

M. Toni Fontenay répondant à une interrogation de M. Nordling, indique que pour la ventilation des tunnels il établirait un large tube en planches le long de la paroi de la galerie en avancement. Dans ce tube viendraient déboucher, de distance en distance, des tuyaux adaptés soit à l'orifice d'échappement de machines à air, employées

à la mise en mouvement des outils et des machines d'épuisement, soit directement sur la conduite maîtresse d'air comprimé ; le jet d'air comprimé s'échappant avec impétuosité dans le tube en planches, déterminerait l'entraînement de l'air extérieur qui servirait à la ventilation de la galerie.

Quant à l'inconvénient résultant de l'expulsion de l'air vicié par la galerie elle-même, et dont l'odeur gênerait les ouvriers employés à l'entrée de la galerie, il sera sans importance si le tube en planches a des dimensions suffisantes et si les jets d'air sont assez énergiques.

Ce mode de ventilation donne immédiatement de grandes masses d'air neuf au fond de la galerie sur le point où on en a le plus besoin. Il est donc bien préférable à la ventilation par appel qui agit d'une manière tout opposée, et ne fournit de l'air neuf au fond de la galerie qu'après le renouvellement entier de la masse d'air contenue dans toute la longueur de cette galerie.

M. le Président résume la communication et les discussions auxquelles elle a donné lieu.

La difficulté de fournir de l'air pur dans les mines, les hôpitaux, les salles de spectacle, les amphithéâtres et dans les navires à passagers a été l'objet, dans ces dernières années, de grands travaux et de savantes recherches de la part des ingénieurs.

Les procédés employés ont été décrits, et l'emploi de l'air comprimé à la ventilation par le procédé proposé vient à la suite de l'insuffisance ou de l'échec des autres moyens.

L'échec est partout dans les houillères à un degré réellement humiliant pour les ingénieurs. Des systèmes de ventilation y sont cependant installés et généralement dans de bonnes conditions. Ils suffisent à la salubrité, mais la sûreté n'est pas garantie parce que l'indiscipline des ouvriers, leur indifférence ou leur inexpérience leur font oublier les précautions indispensables. Lorsque plusieurs années se sont succédé sans accident dans une mine de houille, les habitudes des ateliers se relâchent; tel ouvrier allume sa lampe éteinte; tel autre ravive la sienne; d'autres fument; des équipes emploient la poudre là où ce procédé d'extraction est interdit, et si un accident survient, les exploitants sont accusés d'avoir négligé l'aérage, tandis qu'ils ont eu recours aux meilleurs procédés connus pour l'assurer.

Il faut donc compter avec l'imprudence des ouvriers et accueillir avec un vif intérêt un procédé qui s'offre avec une apparence de supériorité sur les autres dans certaines circonstances.

L'emploi de l'air comprimé semble, en effet, avoir, dans ce cas, un avantage tout spécial : c'est de pouvoir être transporté à de très-grandes distances sans perte sensible de pression. Les conduites d'air du tunnel du Mont-Cenis fournissent un exemple remarquable de cette propriété, d'ailleurs connue depuis longtemps. La faculté d'entraînement de l'air ambiant par un jet d'air comprimé n'est pas plus contestable; ces deux bases suffisent pour légitimer des tentatives d'application aux houillères où la force motrice est à bon marché.

Il faut purger les galeries de tous les gaz dangereux ou malsains ; n'en pas laisser le moindre volume dans les nouveaux travaux et même en purger les anciens d'où les gaz pourraient s'infiltrer dans les ateliers supérieurs ou inférieurs.

C'est là un des plus urgents, des plus impérieux sujets de nos préoccupations : la mortalité accidentelle dans les mines doit disparaître.

La ventilation des hôpitaux est ensuite l'un des buts les plus intéressants à pour-

suivre. Celle-là trouvera dans les connaissances techniques du corps médical un puissant auxiliaire. Elle fait d'incessants progrès, mais les applications des procédés divers sont ici plus délicates et partant plus difficiles.

Quant aux navires à passagers, le procédé nouveau se présente encore avec une grande apparence de supériorité qui doit lui valoir tous nos encouragements. Dans le transport des coolies, des émigrants et des passagers de 3ᵉ, 2ᵉ et 1ʳᵉ classe, les mieux partagés, les passagers de 1ʳᵉ et de 2ᵉ classe, enfermés pendant de longues heures dans un espace de 4 à 6 mètres cubes, où sont deux lits, subissent, faute d'air, une véritable torture. Les autres sont accumulés et enfermés dans des espaces qui varient de 1^{m3} à $1^{m3}50$ par individu : les souffrances quand le gros temps oblige à fermer les issues sur le pont approchent de l'asphyxie.

Les moyens d'aérage par tirage naturel au moyen de manches à vent pour l'admission, et d'écoulement par la cheminée ou par une enveloppe de la cheminée, et l'aérage mécanique par les ventilateurs ont échoué. La Compagnie transatlantique a disposé deux puissants ventilateurs mus par des machines spéciales sur un de ses navires des Antilles, et elle n'a obtenu qu'un faible soulagement au malaise des passagers dans les parages tropicaux.

Si la ventilation par l'air comprimé facile à diviser, à répartir sur tous les points, au besoin sur un seul, dans les cabines, dortoirs, salles et dans les cales, peut rendre le séjour d'un navire aussi salubre et aussi agréable qu'un salon bien aéré, le plus grand service sera rendu aux passagers de long cours et partant à la plus précieuse part de la grande navigation.

La communication de MM. de Mondesir et Lehaître a le mérite que notre Société doit le plus apprécier dans les études de ce genre, c'est d'exposer avec lucidité l'état actuel des méthodes et des procédés auxquels ils croient pouvoir substituer celui qu'ils proposent.

Cet aperçu de l'art de la ventilation et des données sur lesquelles il repose ajoute un grand intérêt à leur étude.

Quant aux bases scientifiques sur lesquelles se sont appuyés les auteurs de la communication, qui ont été vivement combattues et défendues savamment avec une habileté égale d'ailleurs, puisque dans cette intéressante lutte chaque opinant a affirmé l'exactitude de ses bases avec le même bonheur, le Président croit devoir dire comme son opinion personnelle, et aussi comme l'opinion des auditeurs dont il connaît les impressions, que l'importance de cette partie de la discussion n'a pas été complétement admise et qu'elle a plutôt obscurci l'objet de la communication qu'elle ne l'a éclairé.

Cela tient peut être à l'abus des formules auquel sont trop disposés les hommes qui ont une propension aux démonstrations analytiques ; et c'est souvent, en pareil cas, par le choix même des bases du calcul, que la démonstration échoue.

Dans cette savante discussion, les adversaires partaient de deux lois bien connues et absolument incontestables : la vitesse d'accélération de la pesanteur dans le vide, d'une part, et d'autre part la relation des forces dans laquelle la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse des surfaces, et le travail proportionnel au cube de la vitesse des surfaces.

Il y a bien longtemps qu'à l'aide de ces lois on a cherché l'absolu avant que les applications eussent prononcé, mais loin d'y trouver pour l'art un appui, on l'a trop souvent enrayé, par la simple raison que les lois considérées comme fondamentales ne sont qu'accessoires devant les profondes modifications que les détails d'exécution mécanique apportent dans la valeur des forces.

On a enrayé l'art mécanique en opposant à ses efforts la prédiction d'obstacles insurmontables puisés dans la loi physique de la chute des graves et dans celle des relations géométriques des forces. Les théoriciens ont prétendu que les grandes vitesses étaient impossibles sur les chemins de fer; qu'un navire à vapeur ne pourrait jamais traverser l'Océan à la vitesse de 9 nœuds à l'heure parce que les lois scientifiques ne lui permettaient pas de porter la quantité de combustible nécessaire à cette traversée. Cela eût été vrai si ces lois scientifiques avaient été applicables d'une manière absolue, mais elles ne le sont, soit à la vitesse des trains, soit à celle des navires, que dans une mesure si relative et si difficile à déterminer qu'il n'est pas encore possible aujourd'hui de préciser leur influence. D'autres conditions, d'autres éléments de résistance sont intervenus dans la mesure des forces motrices et utilisées.

Si donc, par des calculs semblables, on arrive, *à priori*, à ce singulier résultat que les forces motrices appliquées à faire servir l'air comprimé à l'entraînement de l'air ambiant ne donnent que 2 pour 100 d'effet utile, quelle confiance pourront avoir dans une telle démonstration ceux qui, ayant construit les souffleries ordinaires dont le coefficient de rendement est habituellement 30 fois plus grand que le précédent, devraient conclure que la faculté d'entraînement de l'air ambiant par l'air comprimé n'est exercé qu'aux dépens d'une perte de force de 98 pour 100 des forces motrices dépensées.

Il n'est pas seulement intéressant et utile de chercher à déterminer les résultats que l'on peut espérer obtenir d'un appareil, par le calcul des forces et des quantités de mouvement et par l'application des lois absolues de la mécanique qui sont un point de départ nécessaire pour toutes les études de ce genre : cela est même indispensable; mais il ne faut pas oublier que l'on ne peut arriver à des conclusions sérieuses et pratiques qu'à la condition de ne négliger aucunes des conditions spéciales dans lesquelles on se trouve, aucune des propriétés physiques des corps qui tiennent presque toujours la place principale dans les résultats. L'expérience a prouvé qu'il vaut mieux, pour déterminer la part finale des lois mécaniques, attendre l'exécution, que de la préciser d'avance, parce que la part afférente aux appareils qui servent d'instrument à ces lois est presque toujours la plus forte. Ici, comme dans bien des circonstances, les lois invoquées dans la discussion théorique à laquelle la communication a donné lieu, étaient insuffisantes pour faire accepter les démonstrations, et les calculs n'ont pas pu prouver si le nouveau système présentait des avantages ou des inconvénients, comparativement à ceux employés jusqu'à ce jour. Nous devons attendre pour le savoir que l'expérience ait prononcé.

M. le Président termine en remerciant MM. Piarron de Mondesir et Lebaître, au nom de la Société, du soin qu'ils ont mis à préparer leur communication et à y faire entrer des données générales précieuses pour les ingénieurs qui auront à s'occuper de ventilation; l'attention soutenue avec laquelle elle a été écoutée témoigne de l'intérêt qu'elle méritait.

Séance du 22 Mars 1867.

Présidence de M. E. FLACHAT.

Le procès-verbal de la séance du 15 mars est lu et adopté.

M. LE PRÉSIDENT présente quelques données statistiques qui recommandent la communication sur l'endiguement des lais de mer.

La superficie des lais de mer couverte d'une vase riche en matières qui en font le sol le plus fertile, sans engrais pendant nombre d'années, ne semble pas avoir été l'objet de relevés officiciels.

Il est indiqué dans quelques statistiques que les marais appartenant à l'État et aux particuliers occupent en France une superficie de 600,000 hectares. Mais cela comprend les alluvions que de simples travaux d'assèchement rendraient à l'agriculture, des étangs, etc.

D'après les recherches de M. Hervé-Mangon, ingénieur en chef des ponts et chaussées, qui a fait une étude particulière de l'étendue des terres du littoral Océanique et Méditérranéen susceptibles d'être rendues à l'agriculture, l'étendue des lais ou relais de mer, marais ou étangs salés appartenant à l'État et que l'on pourrait endiguer ou dessécher en France, avec avantage, est environ de 100,000 hectares répartis à peu près comme l'indique le tableau suivant où ne figurent nominativement que les départements dans lesquels les opérations seraient les plus nombreuses et les plus lucratives :

Pas-de-Calais	10,000 hectares.	
Somme	4,500	
Eure	3,000	
Calvados	3,000	
Manche	4,000	
Vendée	15,000	
Charente-Inférieure	14,000	
Gironde	1,500	
		55,000
Var	1,500 hectares.	
Bouches-du-Rhône	20,000	
Gard	2,000	
Hérault	4,000	
Aude	4,000	
Corse	9,000	
Autres départements	4,500	45,000
		100,000

Sur ces 100,000 hectares la part des lais de mer ne semble pas inférieure à 25,000 hectares, et pour se rendre compte de la valeur créée par les endiguements, il suffit

de comparer le sol ainsi donné à l'agriculture aux surfaces cultivées en froment, car ce sont les meilleures terres. Il y en a en France, 5,586,786 hectares, les lais forment donc un 223e de cette superficie[1].

Ce chiffre ne peut même pas être considéré comme une base exacte de comparaison, car la production en froment de ces 25,000 hectares serait, d'après les résultats d'expérience, de 25 hectolitres par hectare, ou de 60 p. 100 au-dessus de la moyenne générale. Cela reviendrait donc à un cent quarantième de la production du blé en France.

La valeur d'un hectare de polder n'est pas moindre de 4,000 à 4,250 fr. Ce serait une valeur de 100 millions à conquérir sur la mer.

De toutes les propriétés, celle-ci est la plus précieuse. Elle utilise la vase fertile abandonnée par nos grands fleuves, ou créée par l'érosion du littoral et que la marée ramène incessamment sur le littoral au moyen de courants féconds.

On calcule qu'il faut annuellement 4 hectolitres de blé pour nourrir un individu. Dans ce cas, les polders seuls nourriraient 156,000 hommes.

L'endiguement des polders s'effectue sans risques, puisque le succès régulier, constant, des méthodes qui vont être exposées, est démontré par l'expérience.

Si l'établissement des polders, considéré comme opération agricole, est recommandable à tous égards, il est bon de dire qu'au point de vue financier il en est de même, en ce sens que le prix de revient de la terre y est inférieur aux prix d'acquisition des terres de bonne qualité.

Les endiguements exécutés par M. Le Cler entourent une superficie de 700 hectares occupée par les colons et dont la valeur dépasse 4,000 fr. l'hectare.

Avant de donner la parole à M. Le Cler, M. le Président annonce que M. Delesse, ingénieur en chef des mines, a bien voulu assister à la séance pour donner à la Société des explications sur une carte lithologique des mers d'Europe qu'il vient de dresser et qui doit figurer à l'Exposition universelle.

1. Céréales		13,899,073 hectares.
Savoir :		
	5,586,786 hectares froment.	
	4,733 — épeautre.	
	910,000 — méteil.	
	2,577,000 — seigle.	
	1,188,189 — orge.	
	3.000,634 — avoine	
	631,731 — maïs.	
Cultures diverses		3,442,139
Entre autres :	921,970 hectares pommes de terre.	
	173,506 — colza.	
Pâturages		21,729,000
Forêts		8,804,000
Buissons		1,972,000
Pépinières		766,000
Domaine agricole		50,612,212 hectares.
Autres		2,153,000
		52,765,212 hectares.

M. Delesse a étudié les sondages publiés par les marines de tous les pays de l'Europe, et s'est servi des importants travaux faits par les ingénieurs hydrographes et par les officiers de marine pour dresser sa carte, qui peut servir pour connaître la nature et la forme du fond des mers.

La forme du fond de la mer est d'abord indiquée par les courbes horizontales équidistantes qui permettent d'avoir une idée assez nette de cette forme ; bien que partout ces courbes ne soient pas rigoureusement exactes ; dans le voisinage des côtes elles ont une exactitude assez grande, et c'est dans ces endroits surtout qu'elles offrent le plus d'intérêt.

M. Delesse donne quelques idées générales sur les faits qui ressortent de l'étude de sa carte ; ainsi la mer Noire est très-profonde et présente un vaste entonnoir. L'Archipel a des profondeurs très-inégales. Entre la Sicile et l'Afrique, on voit qu'il a pu exister une communication reliant l'Europe et l'Afrique. Dans le golfe de Gascogne, on trouve des profondeurs très-grandes.

M. Delesse a eu pour but principal de faire connaître la nature des roches qui constituent le fond des mers. Il divise les dépôts en trois sortes : le sable, la vase et le sable vaseux ou la vase sableuse. Le sable est ordinairement du quartz hyalin. La vase est argileuse, mélangée cependant avec une proportion souvent très notable de carbonate de chaux ; elle correspond à un dépôt de marne ou de calcaire argileux qui pourra se consolider, de même que les sables pourront par la suite, former des grès.

On trouve sur certains points des dépôts meubles, se laissant entamer par la sonde, et sur d'autres points des roches dures et pierreuses qui occupent une surface très-étendue. Ces roches appartiennent à une époque géologique ancienne ; car ce n'est guère que dans les mers du Sud qu'on trouve des dépôts consolidés en voie de formation à l'époque actuelle.

En étudiant la nature des fonds, on voit qu'il ne se produit pas partout des dépôts, et que la roche se trouve souvent à nu ; ainsi, dans la Manche où le mouvement des eaux est très-actif, il n'y a de dépôt que dans une certaine partie. On peut comparer, dit M. Delesse, ce qui se passe au fond de la mer à ce qui a lieu sur la terre ; ainsi les dépôts de transport s'y accumulent seulement au fond des bassins, tandis qu'il n'y en a pas sur les flancs des vallées lorsqu'elles présentent une forte pente.

La carte de M. Delesse divise les fonds en quatre catégories, teintées chacune d'une couleur différente : les roches dures appartenant à des époques antérieures, et pouvant être granitiques siliceuses ou calcaires : les roches se formant à l'époque actuelle, qui sont essentiellement le sable, la vase et le sable vaseux.

Sur le bord des côtes, on trouve en général du sable en bordure ; dans certaines parties, cette bordure est faible ; dans d'autres elle est très-large, comme, par exemple, lorsqu'un grand fleuve vient se jeter dans la mer (le Danube dans la mer Noire, le Volga dans la mer Caspienne).

Dans l'Océan, le sable a beaucoup d'importance et couvre des plages très-considérables ; entre l'Italie et la Sicile il y a aussi beaucoup de sable, sans doute parce que la mer y est peu profonde.

La vase, dans les mers intérieures, remplit surtout les parties centrales, comme on le voit dans la mer Noire, dans la Méditerranée et dans la mer Caspienne. Dans l'Océan, de grandes plages de vase s'étendent sur les côtes occidentales de France, ainsi que dans le fond du golfe de Gascogne ; cela s'explique le long d'une partie des côtes de France, parce qu'elles sont formées de roches argileuses qui se prolongent sous la mer.



Il y a des fonds rocheux tout le long des rivages dans les parties où la mer est profonde à petite distance des côtes.

Certains marins pensent qu'on pourrait se diriger en mer par les temps de brouillard d'après la nature des dépôts rapportés par le plomb de sonde ; c'est un des intérêts de la carte de M. Delesse. Elle fait connaître aussi le degré de tenue des ancres. Elle est surtout utile à consulter pour les travaux maritimes.

M. Lissignol fait observer qu'entre le cap Bon et la Sicile, partie qu'il a explorées il y a de nombreux rochers et que la carte indique du sable et de la vase.

M. Delesse répond que sa carte indique seulement d'une manière générale la forme et la nature du fond des mers, mais qu'elle n'a pas pour but de donner tous les détails.

M. le Président remercie M. Delesse de son intéressante communication, et donne la parole à M. Le Cler.

M. Le Cler expose d'abord l'organisation de la Société civile formée pour l'endiguement et la mise en culture des polders ou lais de mer dans la baie de Bourgneuf (Vendée) [1].

M. De Dion dit que le rapport dont M. Le Cler vient de donner lecture expose une marche de travaux parfaitement rationnelle, et que cette méthode, due à ses recherches, résout les graves difficultés inhérentes à la construction des digues à la mer.

Il entre dans quelques détails sur ces difficultés qu'il a rencontrées lui-même à Santander dans l'exécution de travaux semblables.

La digue qu'il avait à construire avait 700 mètres de longueur et les remblais ont été faits par bateaux avec du sable et de la vase molle. La hauteur d'eau devant la digue est de 3^{m},20 dans les marées d'équinoxes, de 1^{m},60 pour les hautes mers des mortes eaux.

Il fait ensuite connaître avec quelques développements la marche des travaux et les divers incidents qui se sont produits sous ses yeux.

M. Le Cler, tout en reconnaissant les difficultés spéciales que M. De Dion a rencontrées à Santander, pense que la différence de niveau de ces terrains et de ceux de Bouin, ne doit pas modifier radicalement le mode de construction et de fermeture des digues.

Si la durée de la basse mer est plus faible, il faut augmenter le nombre des ouvriers au moment de la fermeture. Il sera toujours plus avantageux, à moins d'impossibilité *absolue*, de prendre le terrassement en dehors et en dedans du polder à l'aide de ponts de roulage établis en nombre suffisant.

M. Le Cler indique qu'il a eu l'occasion de fermer des digues dans des marées moyennes avec des hauteurs d'eau de 1 mètre et 1^{m},50. Pour donner plus de consistance au remblai vaseux, il a employé avec succès la paille mélangée au terrassement et il n'a jamais eu d'infiltration dans le corps de la digue.

M. Le Cler ajoute quelques considérations générales sur le domaine maritime, et sur les ressources inépuisables qu'offrirait son exploitation, tant au point de vue des polders à endiguer, des dunes à ensemencer, que des pêcheries à développer et des huitrières à établir sur certains fonds émergents.

Il dit qu'il y a sous ces divers points de vue une mine abondante à exploiter, mais que le développement de ces opérations est entravé par les rigueurs de l'in-

1. Voir le Mémoire, page 177.

scription maritime, qui permet d'appeler les marins sur les navires de l'État dans les vingt-quatre heures, par une simple décision ministérielle.

Il termine en disant qu'il serait heureux de voir l'attention générale appelée de nouveau à l'examen de ces questions, qui pourraient améliorer le bien-être des populations intéressantes du littoral.

M. le Président demande si, en présence des délais qu'entraînent les diverses enquêtes provoquées par l'administration centrale, il y aurait avantage à laisser la disposition des concessions aux administrations locales ou départementales.

M. Le Cler répond qu'il y aurait des inconvénients à abandonner la solution de ces questions aux influences locales que des travaux nouveaux et des changements rendent presque inévitablement hostiles. L'administration supérieure peut s'élever plus aisément à la hauteur de l'intérêt général, mais il faudrait qu'elle diminuât les lenteurs de formalités trop nombreuses;

Qu'elle ordonnât à ses agents et spécialement aux ingénieurs des ponts et chaussées de faire d'avance les études nécessaires et de déterminer les points où les endiguements peuvent être entrepris, les desséchements effectués.

Qu'on fît connaître les diverses zones plus ou moins avancées en colmatage et susceptibles d'amodiation plus ou moins immédiate. Ces études peuvent se faire à l'aide de nivellements qui permettraient de tracer sur les plans du littoral des courbes de la hauteur d'eau dans les marées d'équinoxe, spécialement dans les baies couvertes de vases limoneuses.

M. Marin dit qu'il y aurait peut-être lieu à établir des puits jaillissants pour l'irrigation des polders et pour fournir de l'eau potable aux habitants.

M. Le Cler répond que la Société d'endiguement avait eu la pensée d'exécuter des puits artésiens; mais ces puits auraient été trop coûteux à faire et leur résultat bien incertain. Il n'est pas probable qu'à moins de dépenses considérables on obtienne la grande quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation de la surface des polders.

Il y a quelques puits ordinaires, peu profonds, qui fournissent de bonne eau à boire. Ces puits sont dans la partie élevée de Bouin, qui formait une sorte de rocher au-dessus des marais environnants.

Les puits sont difficiles à faire dans les parties basses. On obtient souvent de l'eau saumâtre.

M. Le Cler ajoute que cette difficulté est assez générale sur les bords de la mer. Ainsi, à Saint-Valery-sur-Somme il y a quelques puits, mais il y a aussi un grand nombre de citernes ou réservoirs pour recueillir l'eau de pluie.

M. Rhoné est d'avis, comme M. Le Cler, qu'il faut laisser le domaine maritime entre les mains de l'État, qui doit considérer ces grandes entreprises au point de vue général, et en faciliter les concessions.

En ce qui concerne la baie de Bourgneuf et les opérations qui font l'objet du rapport de M. Le Cler, il dit que ces travaux ont pour résultat d'assainir le pays marécageux de cette partie de la Vendée. Il ajoute que les marais salants sont une cause d'insalubrité dans cette contrée, que les revenus en sont très-faibles et que la suppression en serait désirable.

M. Le Cler dit qu'en effet les marais salants, qui avaient autrefois une grande valeur ne donnent plus que des rendements insuffisants, et que l'exploitation en est onéreuse pour les cultivateurs.

Il ajoute que les nouveaux polders sont recherchés par les habitants de préférence



aux autres terres, parce qu'ils ne renferment pas de marais salants et parce que leur fertilité est plus grande que celle des anciens terrains.

Les terres sont cultivées à moitié fruits, tandis que le colon n'a que le tiers du rendement d'un marais salánt.

M. le Président remercie au nom de la Société M. Le Cler de son intéressante communication.

Après une application aussi heureuse et aussi étendue que celle qu'il a faite de l'établissement des polders, en Vendée, il lui restait, dans l'intérêt public, à la décrire dans tous ses détails techniques et économiques. C'est avec cette largeur d'idées que des créations de ce genre doivent être entendues ; il ne suffit pas de bien faire, il faut mettre les autres à même de bien faire aussi ; le champ d'activité ne manque ici que par suite des lenteurs administratives, mais c'est un mal qui peut rapidement disparaître devant la démonstration qui ressort des détails donnés par M. Le Cler, que la plupart des administrations consultées n'ont réellement rien à voir en pareille affaire, et que l'intervention utile de celle des travaux publics pourrait être préparée d'avance ; le Président fait remarquer que les travaux à la mer effrayent généralement, et que la simplicité de ceux exécutés par M. Le Cler démontre que ces frayeurs ne sont pas motivées.

---

scription maritime, qui permet d'appeler les marins sur les navires de l'État dans les vingt-quatre heures, par une simple décision ministérielle.

Il termine en disant qu'il serait heureux de voir l'attention générale appelée de nouveau à l'examen de ces questions, qui pourraient améliorer le bien-être des populations intéressantes du littoral.

M. le Président demande si, en présence des délais qu'entraînent les diverses enquêtes provoquées par l'administration centrale, il y aurait avantage à laisser la disposition des concessions aux administrations locales ou départementales.

M. Le Cler répond qu'il y aurait des inconvénients à abandonner la solution de ces questions aux influences locales que des travaux nouveaux et des changements rendent presque inévitablement hostiles. L'administration supérieure peut s'élever plus aisément à la hauteur de l'intérêt général, mais il faudrait qu'elle diminuât les lenteurs de formalités trop nombreuses;

Qu'elle ordonnât à ses agents et spécialement aux ingénieurs des ponts et chaussées de faire d'avance les études nécessaires et de déterminer les points où les endiguements peuvent être entrepris, les desséchements effectués.

Qu'on fît connaître les diverses zones plus ou moins avancées en colmatage et susceptibles d'amodiation plus ou moins immédiate. Ces études peuvent se faire à l'aide de nivellements qui permettraient de tracer sur les plans du littoral des courbes de la hauteur d'eau dans les marées d'équinoxe, spécialement dans les baies couvertes de vases limoneuses.

M. Marin dit qu'il y aurait peut-être lieu à établir des puits jaillissants pour l'irrigation des polders et pour fournir de l'eau potable aux habitants.

M. Le Cler répond que la Société d'endiguement avait eu la pensée d'exécuter des puits artésiens; mais ces puits auraient été trop coûteux à faire et leur résultat bien incertain. Il n'est pas probable qu'à moins de dépenses considérables on obtienne la grande quantité d'eau nécessaire pour l'irrigation de la surface des polders.

Il y a quelques puits ordinaires, peu profonds, qui fournissent de bonne eau à boire. Ces puits sont dans la partie élevée de Bouin, qui formait une sorte de rocher au-dessus des marais environnants.

Les puits sont difficiles à faire dans les parties basses. On obtient souvent de l'eau saumâtre.

M. Le Cler ajoute que cette difficulté est assez générale sur les bords de la mer. Ainsi, à Saint-Valery-sur-Somme il y a quelques puits, mais il y a aussi un grand nombre de citernes ou réservoirs pour recueillir l'eau de pluie.

M. Rhoné est d'avis, comme M. Le Cler, qu'il faut laisser le domaine maritime entre les mains de l'État, qui doit considérer ces grandes entreprises au point de vue général, et en faciliter les concessions.

En ce qui concerne la baie de Bourgneuf et les opérations qui font l'objet du rapport de M. Le Cler, il dit que ces travaux ont pour résultat d'assainir le pays marécageux de cette partie de la Vendée. Il ajoute que les marais salants sont une cause d'insalubrité dans cette contrée, que les revenus en sont très-faibles et que la suppression en serait désirable.

M. Le Cler dit qu'en effet les marais salants, qui avaient autrefois une grande valeur ne donnent plus que des rendements insuffisants, et que l'exploitation en est onéreuse pour les cultivateurs.

Il ajoute que les nouveaux polders sont recherchés par les habitants de préférence



aux autres terres, parce qu'ils ne renferment pas de marais salants et parce que leur fertilité est plus grande que celle des anciens terrains.

Les terres sont cultivées à moitié fruits, tandis que le colon n'a que le tiers du rendement d'un marais salant.

M. le Président remercie au nom de la Société M. Le Cler de son intéressante communication.

Après une application aussi heureuse et aussi étendue que celle qu'il a faite de l'établissement des polders, en Vendée, il lui restait, dans l'intérêt public, à la décrire dans tous ses détails techniques et économiques. C'est avec cette largeur d'idées que des créations de ce genre doivent être entendues; il ne suffit pas de bien faire, il faut mettre les autres à même de bien faire aussi; le champ d'activité ne manque ici que par suite des lenteurs administratives, mais c'est un mal qui peut rapidement disparaître devant la démonstration qui ressort des détails donnés par M. Le Cler, que la plupart des administrations consultées n'ont réellement rien à voir en pareille affaire, et que l'intervention utile de celle des travaux publics pourrait être préparée d'avance; le Président fait remarquer que les travaux à la mer effrayent généralement, et que la simplicité de ceux exécutés par M. Le Cler démontre que ces frayeurs ne sont pas motivées.

COMMUNICATION

RELATIVE

AU SYSTÈME DE VENTILATION PAR L'AIR COMPRIMÉ

ET A SON APPLICATION

Au Palais de l'Exposition Universelle de 1867.

PAR M. **PIARRON DE MONDESIR**[1].

Je vais exposer le système de ventilation par l'air comprimé dont nous nous occupons, MM. Lehaître, Jullienne et moi, depuis bientôt deux années et décrire l'application de ce système actuellement en voie d'exécution au Palais de l'Exposition universelle de 1867.

Aucune publication de nature technique n'a encore été faite relativement au nouveau système dont il s'agit.

Quelques journaux en ont déjà parlé; mais le journal *le Temps* est le seul qui jusqu'à présent ait publié quelque chose de sérieux à ce sujet.

Je me propose d'exposer moi-même, avec tous les développements convenables, la partie théorique et expérimentale de notre système dans un ouvrage spécial dont j'ai déjà préparé tous les éléments, et que je ferai paraître dès que les procès-verbaux et les résultats des expériences faites dans la grande cheminée de ventilation des amphithéâtres du Conservatoire des arts et métiers auront été eux-mêmes publiés.

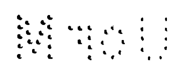
En attendant, je vais avoir l'honneur de vous soumettre un résumé sommaire de la théorie du nouveau système, ainsi que les principaux résultats des expériences faites jusqu'à ce jour.

Je terminerai cet exposé par une description de l'application qui se prépare au Palais du Champ de Mars.

J'ai pensé que quelques expériences démonstratives auraient pour vous quelque intérêt. Nous les avons préparées; elles viendront en temps et lieu.

Avant de parler de la nouvelle application de l'air comprimé à la ventilation, je vous demanderai la permission, Messieurs, de dire quelques

1. Voir la discussion, séances des 15 février, 1er et 15 mars, pages 72, 78, 87.



mots des deux principaux systèmes de ventilation actuellement en usage ; c'est-à-dire la ventilation par l'appel direct de la chaleur, et celle due à l'action directe du ventilateur mécanique.

VENTILATION PAR APPEL DIRECT DE LA CHALEUR.

Vous connaissez tous, Messieurs, cet effet de ventilation qui n'est autre que celui qui se manifeste dans nos cheminées d'appartement.

Je me propose d'en résumer ici la théorie d'une manière fort succincte ; et je renverrai pour plus amples informations aux ouvrages de M. Peclet, et surtout aux *Études sur la ventilation* de M. le général Morin.

Si l'on considère une cheminée, ou conduit vertical, disposée de façon à ce que l'air puisse rentrer plus ou moins librement par la partie inférieure, il est évident d'abord qu'il n'y aura aucune raison pour qu'un courant d'air se manifeste dans cette cheminée, soit de bas en haut, soit de haut en bas, si la température de l'air est la même au bas de l'appareil, à son sommet et dans tout son parcours.

Mais si, par un moyen de chauffage quelconque, on élève la température de l'air dans l'intérieur de la cheminée, l'air extérieur conservant la même température en bas et en haut, tout le monde sait qu'un courant ascendant se produira, et qu'il y aura par conséquent un entraînement d'air plus ou moins considérable.

La cheminée sera alors transformée en appareil de ventilation.

C'est ce qu'on nomme *la ventilation par appel direct de la chaleur*.

On remarquera tout d'abord qu'un tel appareil peut parfaitement servir à extraire de l'air d'un lieu quelconque, mais qu'il ne peut être employé à refouler de l'air frais dans une salle, attendu que dans ce système, l'air ne peut être entraîné qu'à la condition d'être échauffé.

La vitesse que l'air prend dans l'appareil de ventilation par appel est évidemment fonction de la différence θ de température de l'air dans l'intérieur de la cheminée et de l'air extérieur au sommet de la cheminée.

La théorie et l'expérience ont démontré que cette vitesse était proportionnelle à $\sqrt{\theta}$.

Si donc on désigne par u la vitesse par 1″ de l'air à son passage dans la cheminée supposée cylindrique, on aura l'équation :

$$n = A' \sqrt{\theta}. \qquad (1)$$

A' étant un coefficient toujours plus petit que l'unité et dont la valeur variera avec les dispositions de chaque appareil.

Il est essentiel de remarquer que l'exactitude de cette formule pratique repose sur l'hypothèse d'une égalité parfaite entre la température de l'air aspiré à la base de la cheminée et de l'air extérieur qui entoure le sommet de la cheminée, de telle sorte que si l'on supprimait la source de chaleur

à laquelle est due l'augmentation de température θ, aucun courant ne se produirait dans l'appareil.

On reconnaît *à priori* et à l'inspection seule de cette formule pratique que le système de ventilation par appel doit être très-économique, au point de vue de la dépense de combustible, pour de petites vitesses, et très-dispendieux au contraire pour de grandes vitesses.

Il est du reste facile de démontrer que cette dépense de combustible *croît proportionnellement au cube de la vitesse.*

Soient :

ω la section en mètres carrés de la cheminée supposée cylindrique;

δ le poids d'un mètre cube d'air au moment où il entre dans la cheminée pour y être échauffé et entraîné;

γ la chaleur spécifique de l'air à pression constante;

M le nombre de calories communiquées à l'air, à son passage dans la cheminée, par chaque unité de combustible employé pour produire l'augmentation de température θ ;

n' le nombre des unités de combustible dépensé par heure.

Il est évident que le nombre de calories totales communiqué à l'air à son passage dans la cheminée, pendant la durée d'une heure, est représenté d'une part :

par la quantité $M \times n'$;

et d'autre part par la quantité

$$\omega \times 3{,}600 \times u \times \theta \times \delta \times \gamma;$$

On peut donc poser l'égalité

$$E \times u \times \theta \times \delta \times \gamma = M \times n' \qquad (2)$$

en faisant

$$\omega \times 3{,}600 = E.$$

Je remplace dans cette équation θ par sa valeur $\frac{u^2}{A'^2}$ tirée de l'équation (1), et j'obtiens la relation

$$\frac{Eu^3}{n'} = \frac{M \times A'^2}{\delta \times \gamma}. \qquad (3)$$

Dans cette équation, les quantités E, A'^2, δ et γ sont évidemment constantes pour un même appareil.

La quantité M peut être également considérée comme constante dans certaines limites.

Cela revient à admettre que, dans certaines limites de consommation de combustible, la quantité de chaleur utilisée par chaque unité de combustible, au profit de l'échauffement de l'air entraîné, restera la même.

Il en résulte que le rapport $\frac{u^3}{n'}$ est constant. Ce que je me proposais de démontrer.

On peut donc énoncer sous forme de théorème pratique la proposition suivante :

Dans un appareil quelconque de ventilation par appel, la dépense de combustible est proportionnelle au cube de la vitesse d'entraînement.

La quantité $\frac{Eu^3}{n'}$ qui n'est autre que le nombre de mètres cubes d'air entraîné dans la cheminée, à la vitesse d'un mètre, par chaque unité de combustible consommé, est une *constante* qui donne la mesure de la puissance d'entraînement d'un appareil quelconque de ventilation par appel direct de la chaleur.

Si je désigne cette *constante* par C′, je puis poser

$$\frac{Eu^3}{n'} = C'. \qquad (4)$$

Le volume d'air entraîné à la vitesse *u* par chaque unité de combustible sera donné par l'équation

$$\frac{Eu}{n'} = \frac{C'}{u^2}. \qquad (5)$$

On peut déterminer la valeur de cette *constante* C′ par un série d'expériences et même par une seule expérience de quelque durée.

Vous savez tous, Messieurs, que la grande cheminée de ventilation des amphithéâtres du Conservatoire peut être citée comme un des appareils les mieux compris pour l'entraînement de l'air par l'action directe de la chaleur.

La *constante* C′ y acquiert une valeur d'environ 2,700. En d'autres termes, chaque kilogramme de charbon consommé dans le foyer établi à la base de cette cheminée y détermine l'entraînement d'environ 2,700 mètres cubes d'air à la vitesse d'un mètre, indépendamment de l'action de la ventilation naturelle.

La valeur de E correspondante au diamètre moyen de la cheminée qui est de $2^m.35$, étant de 15,880, il en résulte qu'il suffit d'une consommation moyenne d'environ $5^k.90$ de charbon pour extraire des amphithéâtres un volume d'air de 15,880 mètres cubes par heure.

C'est assurément un beau résultat qui est dû à l'excellente disposition de l'appareil dont les grandes sections permettent d'entraîner un grand volume d'air à de petites vitesses.

La loi pratique que je viens d'établir par le calcul relativement à la dépense de combustible et à la vitesse d'entraînement se trouve vérifiée par des expériences faites par M. le général Morin lui-même.

Je veux parler ici d'une série d'expériences au nombre de huit faites

dans la cheminée de la direction du Conservatoire, et dans lesquelles le gaz d'éclairage a été employé comme source de chaleur.

Ces expériences sont relatées dans l'ouvrage de M. le général Morin : *Études sur la ventilation*, 1er volume, page 315. Elles remontent aux mois d'août et septembre 1862.

Voici un tableau résumé de ces expériences :

Numéros des Expériences.	VITESSES observées. u	CUBES de ces vitesses. u^3	MÈTRES CUBES de gaz consommés par heure n	RAPPORT $\frac{u^3}{n}$
	m.		mèt. cub.	
1	1.92	7.08	0.218	32.5
2	2.65	18.61	0.333	55.8
3	2.72	20.12	0.967	20.8
4	3.95	61.63	2.636	23.4
5	3.46	41.42	2.000	20.7
6	3.84	56.62	2.500	22.6
7	4.16	71.99	3.000	23.9
8	4.34	81.75	3.478	23.4

Moyenne des six dernières expériences. 22.8

En laissant de côté les deux premières expériences faites avec de petites quantités de gaz, et qui paraissent anormales, on voit que les six dernières donnent des résultats assez concordants en ce qui concerne le rapport $\frac{u^3}{n}$ qui varie entre 20.7 et 23.9 et dont la moyenne est 22.8.

Si on tient compte de *l'aléa* des expériences de ventilation, on verra dans ce résultat une vérification assez remarquable de la loi pratique déduite précédemment du calcul.

La théorie et l'expérience s'accordent donc pour démontrer que dans un appareil de ventilation par appel direct de la chaleur, *la dépense du combustible croît proportionnellement au cube de la vitesse d'entraînement.*

En résumé, ce système de ventilation n'est applicable qu'à l'extraction de l'air vicié d'une salle, et il n'est réellement avantageux qu'avec de petites vitesses d'entraînement. Son application exige donc des galeries et cheminées présentant de grandes sections.

D'après les principes de la théorie mécanique de la chaleur, toutes les calories conservées par l'air expulsé au moment où il atteint le sommet de la cheminée de ventilation, constituent une force perdue. La force motrice employée à l'entraînement de l'air consiste donc seulement dans la différence entre la somme des calories communiquées à l'air par le

foyer installé à la base de la cheminée et celle que cet air conserve au sommet de la cheminée.

De cette simple observation découlent deux conséquences importantes :

1° Il est nécessaire de donner une grande hauteur aux cheminées de ventilation, afin que l'air puisse se refroidir le plus possible dans son trajet vertical par la cheminée ;

2° Au fur et à mesure que la vitesse augmente, le refroidissement est relativement moins considérable, et la proportion de chaleur conservée par l'air expulsé, c'est-à-dire la déperdition de force, va en augmentant rapidement.

Je terminerai cet exposé par une dernière remarque :

Le problème de la ventilation comporte évidemment deux termes : extraction de l'air vicié et introduction de l'air nouveau.

Le système de l'appel ne résout que le premier, sauf le cas où l'air nouveau à introduire est chauffé par un calorifère.

Ce système n'est donc pas complet en ce sens qu'il ne peut assurer la rentrée de l'air nouveau.

Il y a des cas, il est vrai, comme aux amphithéâtres du Conservatoire, où la rentrée de l'air nouveau s'effectue librement et sans qu'on ait besoin de recourir à aucun moyen artificiel pour le refoulement de cet air. Ainsi, au grand amphithéâtre du Conservatoire, l'air nouveau rentre par des rosaces pratiquées dans le plafond ; il est pris dans un vaste grenier communiquant avec l'air extérieur par une large ouverture. Dans de telles conditions, la rentrée de l'air nouveau est immédiate et cet air n'a aucune résistance à vaincre dans son parcours, si ce n'est toutefois l'action de la ventilation naturelle de la salle.

Mais il n'en est pas de même dans une foule d'applications, et notamment aux nouveaux théâtres Lyrique et du Châtelet, où l'air nouveau pris à l'extérieur est obligé, pour rentrer dans la salle par les ouvertures ménagées à cet effet, d'effectuer un parcours plus ou moins long dans une suite de galeries ou de gaînes. Cette rentrée d'air étant loin d'être immédiate, comme aux amphithéâtres du Conservatoire, ne fonctionne pas à beaucoup près avec la régularité et l'énergie qu'on espérait. Aussi l'air nouveau rentre-t-il de préférence par les portes des loges, ce qui est un grave inconvénient pour les spectateurs.

Je ne m'étendrai pas davantage sur le système de ventilation par appel direct de la chaleur, et je dirai maintenant quelques mots sur les effets de ventilation obtenus avec des ventilateurs mécaniques.

VENTILATEURS MÉCANIQUES.

Vous connaissez tous, Messieurs, cet appareil qui aspire l'air par le

centre et l'expulse par la circonférence avec une vitesse plus ou moins grande.

Avec un ventilateur simple, la vitesse de sortie initiale reste en général au-dessous de 50 mètres par 1″, ce qui correspond à une pression de $0^m.13$ d'eau.

Avec le ventilateur double inventé récemment par M. Perrigault, ingénieur-constructeur à Rennes, on peut atteindre une vitesse initiale de 105 à 110 mètres correspondante à des préssions d'eau de $0^m.75$ à $0^m.80$.

Quand le ventilateur est employé comme machine soufflante, toute la puissance du jet d'air comprimé fourni par l'appareil est utilisée.

Mais il n'en est plus de même quand on emploie cet appareil pour produire un effet de ventilation. L'appareil peut alors procéder par refoutement ou par aspiration.

Dans le premier cas, comme on ne peut pas pratiquement introduire de l'air dans une salle avec des vitesses de 50 mètres, il faut nécessairement faire détendre l'air comprimé par le ventilateur dans des conduites dont on calcule la section de manière à ce que les rentrées d'air s'effectuent avec la vitesse admise pour la ventilation, c'est-à-dire avec des vitesses de 1 à 2 mètres par seconde.

L'air fourni par l'appareil est alors condamné à une détente stérile pour passer de la vitesse initiale à la vitesse de ventilation.

Au point de vue mécanique, l'opération est loin d'être bonne. On peut la comparer à celle qui consisterait à remonter au premier étage un volume d'eau destiné aux besoins du rez-de-chaussée.

Il y a évidemment, dans cette manière d'opérer, une perte de force qui est d'autant plus grande que l'écart entre la vitesse initiale et la vitesse finale de ventilation est lui-même plus considérable.

Dans le cas où l'appareil procède par extraction, l'inconvénient d'une rentrée d'air à grande vitesse n'existe plus, il est vrai; mais il y a toujours une perte de force plus ou moins considérable provenant de ce que l'air expulsé est lancé dans l'atmosphère avec une grande vitesse.

Ces observations nous amènent naturellement à la conclusion suivante : c'est que les ventilateurs mécaniques destinés à la ventilation doivent être établis de manière à diminuer autant que possible leur vitesse initiale.

Il convient donc d'augmenter leur diamètre et de diminuer leur vitesse de rotation; mais alors le rendement de l'appareil diminue.

Je ne crois pas inutile de faire remarquer ici que j'entends par le rendement d'un ventilateur mécanique, et en général de tout appareil de compression, le rapport entre la force vive du jet, sortant de l'appareil exprimé en chevaux-vapeur, et le nombre de chevaux-vapeur dévèloppé par le moteur qui actionne l'appareil.

Pour le ventilateur double de M. Perrigault, ce rendement peut approcher de 50 p. 100.

Pour les ventilateurs simples, ce rendement est beaucoup moindre.

Je dois vous avouer du reste que je n'ai pas encore pu me procurer de renseignements précis sur cette question.

Toutefois la communication faite ici, à la dernière séance, par M. Monthiers, me met à même de calculer le rendement d'un ventilateur mécanique, cité par cet ingénieur.

Je veux parler du ventilateur à force centrifuge de 1^{m}.70 de diamètre et débitant 4^{mc}.57 à la pression du 0^{m}.02 d'eau par 1″, pour une consommation de 580 kilog. de charbon par 24 heures.

On a estimé l'effet utile en chevaux-vapeur à 1^{c}.27, et la force motrice dépensée à 4^{c}.70, d'où l'on conclut au rendement de 27 p. 100.

Je crois ce calcul entaché d'erreur.

En effet, la force en chevaux-vapeur d'un jet, à la pression de 0^{m}.02 d'eau et débitant 4^{mc}.57 par 1″, est bien de 1^{c}.27. Mais une consommation de 580 kilog. de charbon par 24 heures, soit de 24^{k}.17 par heure, correspond, à raison de 2^{k}.50 par force de cheval et par heure, à une force motrice de 9^{c}.67 et non pas de 4^{c}.70.

Il en résulte que le rendement du ventilateur ne serait que de 13 p. 100 au lieu de 27 p. 100.

Vous savez, Messieurs, qu'il existe des applications de ventilateurs mécaniques à la ventilation. J'en citerai deux seulement :

Celle de l'hôpital Lariboisière, pavillons des hommes, et celle du théâtre des Célestins à Lyon.

A l'hôpital Lariboisière l'air extérieur est refoulé dans la salle des trois pavillons des hommes par un ventilateur mécanique mis en mouvement par une machine à vapeur. Je renverrai, pour la description des appareils et les nombreuses expériences faites, aux *Études sur la ventilation*, de M. le général Morin, 1er volume, page 356 et suivantes.

Je vais me borner à l'énonciation des principaux résultats :

1° L'air refoulé pénètre dans la salle par des poëles installés sur la ligne centrale ;

2° La vitesse de rentrée de l'air nouveau par ces poëles varie entre 0^{m}.60 et 1 mètre ;

3° Le volume d'air débité par heure par les poëles est d'environ 30,000 mètres cubes pour un developpement de force du moteur de 10 chevaux.

On obtient donc ainsi un refoulement d'environ 3,000 mètres cubes par force de cheval, soit de 1,200 mètres cubes par kilogramme de charbon, en admettant une consommation de charbon de 2^{k}.50 par cheval et par heure.

Ce résultat est inférieur à celui des amphithéâtres du Conservatoire que j'ai cité plus haut.

M. le général Morin, dans son ouvrage déjà cité, a calculé le prix de la ventilation annuelle à raison d'un mètre cube par heure, y compris intérêts et amortissement du capital, pour diverses installations.

Il constate ainsi :

1° Que pour les pavillons des hommes de l'hôpital Lariboisière ventilés mécaniquement, le prix de revient est de . . . . 2 fr. 13

2° Que ce même prix, pour les pavillons des femmes, ventilés par appel direct de la chaleur, n'est que de. 1 13

Ce qui correspond à 0 fr. 28 par mille mètres cubes pour le premier cas, et à 0 fr. 16 pour le second.

Ces résultats sont une nouvelle preuve de l'infériorité du système de ventilation mécanique relativement au système de l'appel.

Je passe maintenant au théâtre des Célestins de Lyon.

On a installé dans la cave de ce théâtre une turbine de la force de 2 chevaux qui active un ventilateur mécanique.

On obtient ainsi un refoulement d'air dans la salle qui a été évalué à environ 1,800 mètres cubes par heure, par une commission instituée *ad hoc*.

Malgré la faiblesse de cet effet de ventilation, on a constaté une amélioration sensible dans l'état atmosphérique de cette salle.

Ce résultat correspond à 900 mètres cubes par cheval, soit à 360 mètres cubes par kilogramme de charbon.

Il serait donc notablement inférieur à celui constaté ci-dessus pour l'hôpital Lariboisière.

Je ne crois pas utile d'entrer dans de plus grands détails sur la ventilation mécanique; et je vais aborder maintenant le nouveau système de ventilation par l'air comprimé.

VENTILATION PAR L'AIR COMPRIMÉ.

Messieurs, vous voyez devant vous un petit appareil de ventilation par l'air comprimé.

Il se compose d'un tuyau en fer blanc de 0m.20 de diamètre et de 1m.20 de longueur, terminé par un pavillon.

A l'extrémité qui porte le pavillon, et dans la direction de l'axe du tuyau, est fixé un tube de petit diamètre communiquant avec un récipient d'air comprimé.

Un pas de vis permet de fixer au bout de ce tube des ajutages de différents diamètres.

L'air comprimé qui sortira par l'ajutage, va former par sa détente un véritable piston gazeux qui poussera devant lui l'air contenu dans le tuyau. Cet air sera remplacé par de l'air nouveau entrant par le pavillon; et un courant général plus ou moins rapide va se manifester dans toute la section de tuyau.

L'air comprimé joue ici le rôle de moteur direct et entraîne avec lui une masse plus ou moins considérable d'air atmosphérique.

Je désigne :

Par m la masse d'air comprimé qui sort de l'ajutage par 1″ ;

Par V la vitesse de cet air ;

Par U la vitesse du courant d'air qui se produit dans le tuyau en avant du jet ;

Par M la masse d'air qui sort du tuyau, par 1″.

Toute la théorie de la ventilation par l'air comprimé est basée sur l'équation suivante :

$$mV = MU. \qquad (1)$$

Je désigne maintenant :

Par d le diamètre de l'ajutage ;

Par D celui du tuyau ;

Par π la pression atmosphérique $= 10{,}334^k$ par mètre carré ;

Par g la force accélératrice de la pesanteur $= 9^m.81$;

Par δ le poids d'un mètre cube d'air atmosphérique ;

Par μ le nombre d'atmosphères effectives de la compression de l'air moteur.

J'aurai les relations :

$$mV = 2 \times \frac{\pi d^2}{4} \times \mu \times \pi ;$$

et

$$MU = \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{\delta}{g} \times U^2 ;$$

j'en tire immédiatement l'équation :

$$U = \sqrt{\frac{2\pi g}{\delta}} \times \frac{d}{D} \times \sqrt{\mu}. \qquad (2)$$

Pour des vitesses d'entraînement ne dépassant pas 30 à 40 mètres et pour la même température, on peut, sans erreur sensible, considérer δ comme constant.

Alors la quantité

$$\sqrt{\frac{2\pi g}{\delta}}$$

sera un coefficient constant que je désignerai par A_o.

Pour la valeur $\delta = 1^k.24$ qui correspond à la température de 12° moyenne générale de la France et à la pression barométrique de $0^m.76$, on aura :

$$A_o = \sqrt{\frac{2 \times 10,\ 334 \times 9.81}{1.24}} = 404.4.$$

J'écrirai donc désormais :

$$U = A_o \times \frac{d}{D} \times \sqrt{\mu} = 404.4 \times \frac{d}{D} \times \sqrt{\mu}. \qquad (3)$$

Telle est l'équation qui donne la vitesse d'entraînement dans l'appareil qui est devant vous et que j'appelle *appareil simple*, parce que la conduite dans laquelle se fait l'entraînement présente un minimum de longueur, et que je puis y négliger l'influence des frottements.

Cette équation suppose que les coefficients de contraction de l'air comprimé à sa sortie de l'ajutage et de l'air atmosphérique à sa rentrée par le pavillon sont égaux ; ce qui a sensiblement lieu dans la pratique.

L'exactitude de la formule (3) a été vérifiée par une série d'expériences faites avec le concours de M. Paul de Mondesir, ingénieur en chef des manufactures de l'État, et de mes collaborateurs MM. Lehaître et Jullienne.

Je joins ici le tableau de ces expériences, au nombre de 36.

La pression de l'air comprimé moteur a varié dans des limites comprises entre $0^a.20$ et $8^a.85$.

Le diamètre des ajutages a varié entre $0^m.0003$ et $0^m.0025$.

Le tuyau qui a servi aux expériences est celui qui est ici devant vous.

Je ne présente pas cette série d'expériences comme ayant été faites avec toute la précision désirable en pareille matière.

Mais la comparaison des vitesses données par l'anémomètre avec celles calculées par la formule (3) ne doit laisser aucun doute sur l'exactitude de cette formule.

En effet, les différences ont varié tantôt en plus, tantôt en moins.

On a observé 15 différences en moins, sur la vitesse théorique, dont la moyenne est de 3 °/₀, et 21 différences en plus dont la moyenne est de 6 °/₀.

La théorie est évidemment ici d'accord avec l'expérience.

Nous allons maintenant faire quelques expériences en votre présence avec une pompe à air et un récipient que M. Wiessnegg, fabricant d'appareils, a bien voulu mettre à notre disposition.

Tableau des expériences faites le 2 février 1866, dans une conduite en fer-blanc de $0^m.20$ de diamètre et de $1^m.20$ de longueur.

Numéros des expériences.	Pressions moyennes dans le récipient.	Nombre de tours de l'anémomètre.	Vitesses observées.	Vitesses calculées.	Différences.
1° Ajutage de $0^m.0003$. Durée de l'expérience 1′.					
	a.		m.	m.	
1	8.85	875	1.76	1.80	—0.04
2	8.45	850	1.71	1.76	—0.05
3	8.30	845	1.70	1.74	—0.04
4	8.20	775	1.55	1.73	—0.18
5	8.08	750	1.52	1.72	—0.20
2° Ajutage de $0^m.0005$. Durée de l'expérience 1′.					
6	7.85	1.425	2.81	2.83	—0.02
7	7.70	1.375	2.72	2.80	—0.08
8	7.55	1.375	2.72	2.77	—0.05
9	7.50	1.325	2.61	2.76	—0.14
10	7.45	1.350	2.65	2.75	—0.10
3° Ajutage de $0^m.0007$. Durée de l'expérience 1′.					
11	7.17	1.920	3.76	3.78	—0.02
12	6.45	1.950	3.82	3.59	+0.23
13	6.30	1.925	3.77	3.54	+0.23
14	6.05	1.850	3.62	3.47	+0.16
15	5.80	1.825	3.58	3.40	+0.18
4° Ajutage de $0^m.0009$. Durée de l'expérience 1′.					
16	5.42	2.200	4.30	4.23	+0.07
17	5.08	2.175	4.25	4.09	+0.16
18	4.78	2.075	4.06	3.97	+0.09
19	4.50	1.960	3.84	3.85	—0.01
20	4.20	2.000	3.91	3.72	+0.19
5° Ajutage de $0^m.0001$. Durée de l'expérience 1′.					
21	3.85	2.140	4.18	3.96	+0.21
22	3.58	2.050	4.01	3.81	+0.20
23	3.10	1.875	3.67	3.55	+0.12
6° Ajutage de $0^m.0012$. Durée de l'expérience 1′.					
24	2.80	2.200	4.30	4.05	+0.25
25	2.45	2.000	3.91	3.79	+0.12
26	2.15	1.880	3.68	3.55	+0.13
7° Ajutage de $0^m.0015$. Durée de l'expérience 30″.					
27	1.88	1.175	4.58	4.15	+0.43
28	1.68	1.130	4.41	3.92	+0.49
29	1.53	950	3.72	3.74	—0.02
30	1.35	950	3.72	3.52	+0.20
8° Ajutage de $0^m.0018$. Durée de l'expérience 30″.					
	a.		m.	m.	
31	1.13	950	3.72	3.85	—0.13
32	0.90	830	3.27	3.44	—0.17
33	0.70	830	3.27	3.04	+0.13
34	0.55	750	2.96	2.69	+0.27
9° Ajutage de $0^m.0025$. Durée de l'expérience 30″.					
35	0.40	925	3.62	3.19	+0.43
36	0.20	650	2.57	2.25	+0.32

OBSERVATIONS.

La température de la salle d'expériences était de 11° 1/2.

La pression dans le récipient était donnée par un manomètre métallique Bourdon. On prenait la moyenne des pressions au commencement et à la fin de chaque expérience.

La formule de l'anémomètre était :

$$V = 0.08 + 0.115n.$$

On le promenait sur le pourtour du tube de $0^m.20$. La vitesse variait généralement suivant la position de l'instrument. Cela tenait à ce que les ajutages n'étaient pas toujours parfaitement dirigés suivant l'axe de la conduite. C'est à cette cause qu'on doit attribuer les anomalies qui se présentent parfois dans le nombre de tours observés.

Les diamètres des ajutages doivent être considérés comme parfaitement exacts, malgré leur exiguïté. Ils ont été faits par M. Teigny, opticien, et vérifiés au moyen de calibres ou aiguilles dont les diamètres ont été vérifiés à leur tour au compas Palmer.

Dans les expériences précédentes, le tuyau de $0^m.20$ n'était pas muni de pavillon.

La formule (3) donne immédiatement lieu à une remarque des plus importantes. C'est qu'on peut obtenir la même vitesse d'entraînement dans le même appareil, soit en faisant varier la pression, soit en faisant varier le diamètre de l'orifice d'échappement du jet comprimé moteur, pourvu que le produit $d\sqrt{\mu}$ reste le même.

Ainsi, dans les expériences n°s 11 et 31 du tableau, on a constaté sensiblement la même vitesse d'entraînement (3m.76 et 3m.72) avec des pressions de 7a.17 et de 1a.13, et avec des ajutages de 0m.0007 et de 0m.0018 de diamètre.

Mais les forces motrices en chevaux-vapeur de ces deux jets sont bien différentes, ainsi que je vais le démontrer.

Soient V et V' les vitesses de sortie des deux jets d'air comprimé aux pressions effectives μ et μ', s'échappant par des orifices de diamètres d et d' et produisant le même effet de ventilation dans le même appareil :

On aura d'abord la relation :

$$mV = m'V'.$$

La force motrice en chevaux-vapeur du premier jet sera :

$$\frac{mV^2}{2 \times 75}.$$

Celle du second jet sera :

$$\frac{m'V'^2}{2 \times 75},$$

et leur rapport sera :

$$\frac{V}{V'}.$$

Comme elles produisent le même effet de ventilation, la conclusion est *qu'il y a avantage, au point de vue de la dépense de force motrice, à employer de l'air comprimé à basse pression.*

Je me reporte maintenant à la relation fondamentale

$$mV = MU.$$

Si je désigne par F la force motrice en chevaux-vapeur du jet d'air comprimé, laquelle est égale à

$$\frac{mV^2}{150},$$

il est clair que je puis poser l'égalité :

$$\frac{MU}{\frac{mV^2}{150}} = \frac{MU}{F} = \frac{150}{V}. \qquad (4)$$

Or, on a :

$$MU = \frac{\omega \times \delta \times U^2}{g} = EU^2 \times \frac{\delta}{g \times 3,600};$$

en faisant comme précédemment $E = \omega \times 3,600$.

D'un autre côté la relation

$$Ao = \sqrt{\frac{2g\pi}{\delta}},$$

donna :

$$\frac{\delta}{g} = \frac{2\pi}{Ao^2}.$$

On aura donc en définitive :

$$\frac{MU}{F} = \frac{150}{V} = EU^2 \frac{2\pi}{F \times Ao^2 \times 3{,}600},$$

et

$$\frac{EU^2}{F} \times V = \frac{150 \times 3{,}600 \times Ao^2}{2\pi}. \qquad (5)$$

Le second membre de l'équation (5) est une quantité constante que je désignerai par Co et que j'appellerai la *constante générale* de la ventilation par l'air comprimé dans l'appareil simple.

Cette constante n'est autre que le volume d'air entraîné, dans l'appareil simple, à la vitesse d'un mètre par chaque cheval-vapeur du jet, multiplié par la vitesse de sortie de cet air.

En remplaçant, dans l'équation (5), Ao^2 et 2π par leur valeur moyenne

$$Ao^2 = 163{,}539,$$

et

$$2\pi = 20{,}668,$$

j'obtiens pour la valeur de la constante Co :

$$Co = 4{,}272{,}840. \qquad (6)$$

Le volume d'air entraîné, dans l'appareil simple, à une vitesse quelconque U, par chaque cheval-vapeur de jet, sera donc donné par la formule :

$$\frac{EU}{F} = \frac{Co}{U \times V}. \qquad (7)$$

Ce volume *varie donc en raison inverse de la vitesse d'entraînement* U *et de la vitesse* V *de l'air comprimé moteur.*

L'équation

$$\frac{EU^2}{F} \times V = Co$$

démontre que la force motrice du jet croît proportionnellement au *carré* de la vitesse d'entraînement, quand la vitesse V de l'air comprimé moteur est la même, ou ce qui revient au même, quand la pression μ ne varie pas.

Or, la force motrice du jet est une certaine fraction de la force développée par le moteur, et du nombre d'unités de combustible consommé par ce moteur.

Donc la consommation de combustible croît comme le carré de la vitesse dans la ventilation par l'air comprimé, tandis qu'elle croît comme le cube de la même vitesse dans la ventilation par appel.

La théorie que je viens d'exposer est relative à l'entraînement de l'air dans l'*appareil simple.*

Mais il est facile de voir qu'elle s'applique à un appareil quelconque.

Je vais maintenant considérer un appareil quelconque composé d'un premier réseau de conduites dans lequel l'air devra être aspiré, et d'un second réseau dans lequel l'air devra être refoulé.

J'intercalerai l'appareil simple entre ces deux réseaux.

Il est évident que la vitesse d'entraînement u qui se produira, dans ces conditions, dans le trajet de l'appareil simple, sera moindre que la vitesse U donnée par la formule (3).

On sait d'avance par les formules données par les hydrauliciens et en particulier par d'Aubuisson, qui s'est occupé spécialement de l'étude du mouvement de l'air dans les conduites, que l'on aura dans tous les cas que l'on pourra considérer :

$$u = \frac{U}{K}. \qquad (8)$$

K étant un coefficient plus grand que l'unité et dont la valeur tient compte de toutes les pertes de force vive dues aux frottements.

Je crois inutile de reproduire ici la théorie de d'Aubuisson qui, comme on le sait, est fondée sur ce principe : que les pertes de charge dues aux frottements dans les conduites sont proportionnelles aux carrés des vitesses et au rapport des longueurs des conduites à leur diamètre.

La vitesse d'entraînement dans un appareil quelconque de ventilation par l'air comprimé sera donc donnée par la formule :

$$u = \frac{Ao}{K} \times \frac{d}{D} \times V\mu. \qquad (9)$$

Le coefficient K peut se calculer d'avance d'après les dispositions de l'appareil.

Mais l'expérience directe en donnera toujours plus exactement la véritable valeur.

Si l'on désigne par C la *constante* générale de ventilation dans un appareil dont le coefficient est K, il est clair que l'on aura :

$$C = \frac{Eu^2}{F} \times V = \frac{Co}{K^2};$$

et par suite

$$K = \sqrt{\frac{C}{Co}}. \qquad (10)$$

Une seule expérience suffira à la rigueur pour déterminer u et par suite la *constante* C et le coefficient K.

Je ne m'étendrai pas davantage sur la partie théorique du nouveau système de ventilation par l'air comprimé.

Je vais maintenant dire quelques mots des expériences comparatives faites dans la grande cheminée de ventilation du Conservatoire.

EXPÉRIENCES COMPARATIVES DU CONSERVATOIRE:

xpériences, qui ont eu lieu en mai et juin de l'année dernière, es à l'initiative de l'honorable et savant général qui dirige ce ma- établissement.

esca les a dirigées avec cette impartialité que tout le monde con-

ait installé dans l'axe de la cheminée et à 5 mètres environ au- u fond, un appareil injecteur sur lequel on vissait des ajutages liamètre a varié entre $0^m.01$ et $0^m.03$. La pression effective des jets ntre 2 atmosphères et $0^a.13$.

é impossible d'expérimenter avec des pressions plus basses, en es petites dimensions de la pompe à air.

uit ensuite, comparativement, la grande expérience par le feu déjà eu occasion de parler.

esca n'a pas encore publié les procès-verbaux de ces expériences. uis convaincu qu'il ne trouvera pas mauvais que je vous en fasse e ici, d'une manière sommaire, les principaux résultats.

nmencerai par la grande expérience de ventilation par le feu.

xpérience, faite les 25 et 26 juin, a duré 32^h 1/2.

était réglé de manière à maintenir la vitesse d'entraînement dans n moyenne de la cheminée aux environs de $1^m.45$ par 1″.

yenne de cette vitesse donnée par un anémomètre totalisateur à r électrique, a été de $1^m.432$.

sommation totale du charbon a été de $417^k.43$, ce qui donne une de $12^k.84$ par heure.

la vitesse a été maintenue dans des limites assez rapprochées yenne, il n'en est pas de même de la consommation horaire du qui a varié entre $8^k.16$ et $20^k.41$.

riations notables dans la consommation du combustible par nnent à l'action de la ventilation naturelle.

ne tenait pas compte de cette action, on trouverait pour la valeur *stante* C′, relative à l'appareil de ventilation du Conservatoire :

$$C' = \frac{Eu^3}{n'} = \frac{15,880 \times (1.432)^3}{12.84} = 3,577.$$

est évident que l'action de la ventilation naturelle était d'autant nde que la consommation de combustible était moindre, et réci- ent.

éliminer autant que possible l'effet de la ventilation naturelle, il nvenable de considérer la partie de l'expérience où la consom- du charbon a été le plus active.

leau de cette expérience indique une consommation partielle de

80^{k} de charbon entre 4^{h} et 8^{h}45′ du soir du 25 juin ; ce qui donne pour cet intervalle de 4^{h}3/4 une consommation moyenne de 16^{k}.84 par heure.

La vitesse moyenne observée pendant la période considérée a été de 1^{m}.415.

Si donc on admet que, dans cette période, l'effet de la ventilation naturelle puisse être considéré comme nul ou négligeable, on aura pour la constante C′, une seconde valeur qui sera :

$$C' = \frac{15,880 \times (1.415)^3}{16.84} = 2,671.$$

Il me paraît que cette dernière valeur de la constante C′, que j'ai déjà eu occasion de citer, est celle qui se rapproche le plus de la vérité, parce qu'elle élimine l'action de la ventilation naturelle.

Je la prendrai pour terme de comparaison avec les expériences sur l'air comprimé dont je vais maintenant parler.

Leur nombre est de 33.

Je ferai remarquer tout d'abord que l'application de ce système permet d'observer la ventilation naturelle à un moment quelconque. En effet, la cheminée n'étant pas chauffée, il suffit pour cela d'interrompre l'action du jet moteur.

Il a donc été possible, pour chaque expérience, de faire la correction due à la ventilation naturelle observée.

Cette correction faite, on arrive aux résultats principaux suivants :

1° La moyenne générale de la constante générale C, déduite de 33 expériences, est :

$$C = 1,006,697,$$

ce qui donne pour le coefficient de résistance K relatif à l'appareil du Conservatoire :

$$K = \sqrt{\frac{4,272,840}{1,006,697}} = 2.05 ;$$

2° La moyenne particulière de C relative aux 4 expériences faites à la pression de 2 atmosphères avec l'ajutage de 0^{m}.01 est :

$$C = 1,044,367 ;$$

3° La moyenne particulière de C relative aux 5 expériences faites à la pression de 0^{a}.13 avec l'ajutage de 0^{m}.03 est :

$$C = 1,073,964.$$

Ces deux derniers résultats permettent d'établir une comparaison entre le système de l'appel et le système par l'air comprimé aux pressions extrêmes de 2 atmosphères et de 0^{a}.13.

La vitesse de l'air comprimé à 2 atmosphères est 330.

Celle de l'air comprimé à 0^{a}.13 est 137.

irons donc pour le premier cas :

$$\frac{C}{V} = \frac{Eu^2}{F} = \frac{1,044,367}{330} = 3,165 ;$$

second :

$$\frac{C}{V} = \frac{Eu^2}{F} = \frac{1,073,964}{137} = 7,839.$$

es deux séries d'expériences faites avec les pressions extrêmes, = 0.13, font ressortir un entraînement, à la vitesse de $1^m.00$, que cheval-vapeur du jet, de $3,165^{mc}$ pour la pression de 2 at-s et de $7,839^{mc}$ pour la pression de $0^a.13$.

mparer ces résultats à ceux de la ventilation par le feu, il faut chaque cheval-vapeur de jet par son équivalent en charbon. ela, j'estimerai d'abord à $2^k.50$ la consommation horaire de représentative du cheval-vapeur.

rai ensuite à 0.60 le rendement d'une bonne pompe à air, fonc-ans les limites de pression qui lui conviennent.

alors, en désignant par n le nombre de kilogrammes de charbon à chaque cheval-vapeur de jet :

$$\frac{Eu^2}{n} = \frac{3,165 \times 0.60}{2.50} = 760 \quad \text{pour } \mu = 2,$$

$$\frac{Eu^2}{n} = \frac{7,839 \times 0.60}{2.50} = 1,881 \quad \text{pour } \mu \times 0.13.$$

ltats représentent le volume entraîné, à la vitesse de 1^m00, par ne de charbon brûlé. Ils démontrent :

'effet de ventilation comparé au développement de la force du oît au fur et à mesure que la pression de l'air comprimé di-lication déjà donnée par la théorie;

la pression de 2^a, et même à celle de $0^m.13$, le système de l'air n'atteint pas le résultat du système de l'appel, dans la grande du Conservatoire, pour des vitesses d'entraînement qui ne dé-s $1^m.00$ par 1″.

ne faut pas oublier que, dans le système de l'appel, la con-n de combustible croît proportionnellement au cube de la vi-is que dans le système de l'air comprimé, elle n'augmente que nellement au carré de la vitesse.

nc une certaine vitesse d'entraînement u_0, pour laquelle les mes s'équilibrent au point de vue du combustible.

esse u_0 est donnée par l'équation :

$$\frac{C}{V \times u_0} = \frac{C'}{u_0^2}. \qquad (11)$$

Appliquons-la pour les valeurs $V = 330$ et $V = 137$, et pour la valeur $C' = 2,671$.

On aura les 2 équations :

pour $$\mu = 2 : \frac{760}{u_0} = \frac{2,671}{u_0^2} ; \text{ d'où } u_0 = 3^m.51.$$

pour $$\mu = 0.13 : \frac{1,881}{u_0} = \frac{2.671}{u_0^2} ; \text{ d'où } u_0 = 1.^m42.$$

Ces deux vitesses d'équilibre sont sensiblement entre elles dans le rapport des nombres 330 et 137, qui expriment la vitesse de l'air comprimé aux pressions $\mu = 2$ et $\mu = 0.13$, conformément aux indications de la théorie.

On peut donc conclure de là que si l'appareil de compression qui servait à ces expériences eût permis d'expérimenter utilement des jets à une pression inférieure à $0^a.13$, l'équilibre se serait produit entre les deux systèmes à des vitesses inférieures à $1^m.00$.

J'ajouterai en terminant que la grande hauteur de la cheminée de ventilation du Conservatoire, sa conicité et la présence d'un foyer massif à la base, sont des circonstances qui étaient évidemment défavorables au fonctionnement du nouveau système, et qui ont dû contribuer à en amoindrir les effets.

Cette situation défavorable m'était connue d'avance ; mais je n'ai pas hésité un seul instant à l'accepter, ayant la conviction que des expériences faites sur une grande échelle ne pourraient manquer de mettre en lumière des résultats nouveaux et intéressants.

Je profite de l'occasion qui m'est offerte ici pour remercier MM. les Directeurs du Conservatoire de la libérale hospitalité qu'ils ont bien voulu m'accorder.

EXPÉRIENCES SUR UN DES SECTEURS DU PALAIS DU CHAMP DE MARS.

Cet essai préalable est dû à l'initiative éclairée de M. Krantz, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur des travaux du Palais. M. Krantz avait obtenu de la Commission impériale, pour cet essai, un crédit de 3,000 fr. sur lequel 1,200 fr. seulement ont été dépensés.

Je vous demanderai, Messieurs, de vous indiquer sommairement les résultats de cette expérience préalable faite en octobre dernier, sous la direction de M. Tresca.

Je puis le faire avec d'autant plus de liberté que M. Tresca a rédigé depuis longtemps et remis à la Commission impériale son procès-verbal, dont les conclusions favorables ont amené l'application du système à la ventilation générale du Palais.

Vous connaissez probablement, Messieurs, les dispositions des galeries

es d'aérage du Palais, dispositions très-heureusement combi-
I. Krantz en vue d'une ventilation naturelle.
tour extérieur du Palais règne une grande galerie souterraine
r des piliers en trois travées de 3 mètres de largeur chacune.
ison isole complétement les deux travées les plus rapprochées
lesquelles sont affectées comme caves au service des exposants
se des aliments. La travée la plus éloignée du centre est ré-
me galerie d'aérage.
lerie communique avec l'air extérieur par 16 puits d'aérage
es de diamètre, disposés à peu près symétriquement autour du
une distance d'environ 20 mètres de la marquise extérieure.
r conséquent 16 petites galeries souterraines qui réunissent
la grande galerie circulaire d'aérage.
e l'air extérieur, appelé d'abord par les puits dans la galerie
puisse pénétrer dans le Palais, M. Krantz a établi 16 galeries
es correspondantes aux 16 allées rayonnantes du Palais. Il a
itefois de ne pas placer la galerie souterraine directement au-
l'allée rayonnante, afin que la voûte de cette galerie qui est
en béton Coignet, et dont l'épaisseur à la clef n'est que de 0m.15,
t à supporter les charges des transports. L'axe de la galerie
e est toujours situé à droite de celui de l'allée quand on re-
ntre du Palais.
des 16 galeries souterraines rayonnantes pénètre sous le Palais
ngueur de 120 mètres, c'est-à-dire jusqu'à l'allée de circulation
sine du centre.
rez, Messieurs, que ces allées de circulation sont au nombre
'elles sont tracées suivant des circonférences.
de chacune de ces allées, la galerie souterraine rayonnante
es branchements circulaires situés immédiatement en dessous
de circulation.
chements ne sont pas continus comme les allées; ils forment
de telle sorte que chaque secteur souterrain composé d'une
yonnante et de trois portions de galeries circulaires se trouve
nent isolé de ses deux voisins et peut être ventilé d'une ma-
pendante.
ble de ces dispositions est complété par l'installation de grilles
caillebotis, qui mettent l'air des galeries souterraines circu-
ommunication directe avec les allées de circulation.
nt en substance les dispositions exécutées par M. Krantz dans
érer le Palais par l'action de la ventilation naturelle.
ile ingénieur avait également en vue, dans l'établissement de ce
uterrain à grande section, de pouvoir y placer des conduites
e gaz et de les faire servir au besoin à la desserte du Palais.
l'habileté incontestable qui a présidé à ces installations sou-

terraines, je ne sais jusqu'à quel point un effet de ventilation naturelle appréciable se serait produit par les caillebotis. Il est probable que les rentrées d'air auraient eu lieu de préférence par les baies de l'édifice.

Mais il est incontestable que ces dispositions se prêtent parfaitement à une application de ventilation par l'air comprimé. Il suffit, en effet, pour cela, d'installer un jet moteur dans chacune des galeries rayonnantes. Ce jet aspirera l'air de la galerie d'aérage et le refoulera dans le Palais par les *caillebotis* des allées de circulation.

L'air vicié ou échauffé qui tend naturellement à s'élever de bas en haut, sortira par les persiennes ménagées dans la toiture des galeries d'exposition.

Cette description rapide du réseau souterrain du Palais était nécessaire pour l'intelligence des expériences faites et de l'application qui se prépare.

Les expériences ont eu lieu sur le secteur n° 3.

Je me suis proposé, dans cet essai, d'expérimenter des jets d'air comprimé à très-basse pression, et au lieu de prendre la pompe à air qui avait servi aux expériences du Conservatoire, j'ai préféré employer comme appareil de compression un ventilateur double du système de M. Perrigault, ingénieur-constructeur à Rennes. Ce ventilateur a été mis très-obligeamment à ma disposition par MM. Farcot père et fils. M. Ernest Gouin en a fait de même pour la locomobile qui avait déjà fourni sa force motrice pour les expériences du Conservatoire.

On a essayé successivement des jets de $0^m.07$, $0^m.10$ et $0^m.122$ de diamètre.

La pression effective de l'air comprimé mesurée par un manomètre à eau placé sur un renflement de la conduite a varié entre les limites de $0^m.23$ et de $0^m.65$ de hauteur d'eau.

Les jets étaient installés au centre de gravité de la galerie rayonnante et tout près de son origine.

Les expériences se divisent en deux séries, suivant que les caillebotis étaient enlevés ou en place.

Huit expériences ont été faites sans caillebotis, et huit avec caillebotis.

La valeur moyenne de la constante C pour les huit premières expériences est de. 3,916,678

Ce qui donne pour le coefficient K, quand les grilles sont enlevées :

$$K = 1.09.$$

La valeur moyenne de la constante C pour les huit dernières expériences est de. 2,552,593

Ce qui donne pour le coefficient de résistance K, quand les grilles sont en place :

$$K = 1.30.$$

ıx valeurs de K sont probablement trop faibles.
e ne saurait être attribuée à la ventilation naturelle dont l'in-
été reconnue négligeable.
la rechercher dans les indications du manomètre à eau, installé
imple renflement de la conduite d'insufflation du ventilateur
t qui pour cette raison étaient probablement trop faibles.
, Messieurs, si vous voulez bien vous reporter à la formule (9)

$$u = \frac{A_0}{K} \times \frac{d}{D} \times V\mu,$$

onnaîtrez immédiatement que la valeur de la vitesse u étant
irectement par l'observation, s'il y a erreur en moins sur l'ob-
de la pression μ, le coefficient K doit être entaché lui-même
eur en moins.
nous a confirmé, M. Tresca et moi, dans cette opinion, c'est que
ient du ventilateur double Perrigault, calculé d'après les pres-
bservées, n'a été trouvé que de 0.40 en moyenne, tandis qu'on
à croire que ce rendement est supérieur.
ı'il en soit, l'erreur sur le rendement du ventilateur n'a eu au-
ıence sur l'observation du volume d'air entraîné à diverses
ar force de cheval-vapeur du moteur.
t, la locomobile qui a fourni la force motrice avait été essayée
u Conservatoire et pour ainsi dire tarée d'avance.
ıvait donc déterminer directement la force développée dans
xpérience par l'observation de la pression absolue de la chau-
u nombre de tours du volant, l'orifice d'admission de la vapeur
ylindre étant ouvert en grand.
ultats intéressants à citer ici sont ceux relatifs aux huit der-
périences, parce que les conditions dans lesquelles elles ont été
rapprochent autant que possible de celles de l'application.
me ces expériences dans le petit tableau ci-après :

Nos des expériences. 1.	Diamètre des jets moteurs. 2.	Vitesse d'entraînement. u 3.	Force en chevaux développée par le moteur. F' 4.	Volume entraîné à la vitesse u par cheval-vapeur du moteur. $\frac{Eu}{F'}$ 5.	Volume entraîné à la vitesse d'un mètre par cheval-vapeur du moteur. $\frac{Eu^2}{F'}$ 6.	Volume entraîné à la vitesse de 1m.00 par kil. de charbon. $\frac{Eu^2}{n}$ 7.
	m.	m.	c.	mètres cubes.	mètres cubes.	mètres cubes.
1	0.07	1.91	7.29	5,665	10,820	4,328
2	0.07	1.28	2.83	9,777	12,515	5,006
3	0.07	1.10	2.04	11,647	12,812	5,125
4	0.07	1.26	2.08	13,085	16,487	6,595
5	0.10	2.47	10.55	5,049	12,471	4,988
6	0.122	2.60	9.17	6,133	15,946	6,378
7	0.122	2.50	8.86	6,090	15,225	6,090
8	0.122	2.54	9.00	6,096	15,484	6,194
		Moyennes.........		7,943	13,970	5,588

Les chiffres des cinq premières colonnes sont extraits du rapport de M. Tresca. Ceux des deux dernières colonnes s'en déduisent.

Vous voyez, Messieurs, que la moyenne de l'entraînement par cheval-vapeur du moteur, à la vitesse de 1 mètre, est de 13,970 mètres, et que cette moyenne par kilogramme de charbon est de 5,588.

Ce résultat remarquable tient à l'emploi de jets d'air comprimé à très-basse pression.

M. Tresca, voulant se rendre compte de la répartition de l'air dans chacune des trois galeries souterraines circulaires, a fait mesurer avec un anémomètre à main la vitesse à l'entrée de ces trois galeries. Il a reconnu ainsi, comme il le fait remarquer dans son procès-verbal, que cette répartition était sensiblement proportionnelle au nombre des caillebotis. Chacun de ces orifices d'admission débite donc à peu près le même volume d'air.

Cela tient à ce que la somme des sections libres des caillebotis d'un secteur est sensiblement égale à la section de la galerie rayonnante dans laquelle s'opère le refoulement.

Tels sont en substance les résultats des expériences préalables faites sur le secteur no 3.

Leur importance ayant frappé M. le commissaire général, j'ai été invité par ce haut fonctionnaire à étudier de suite un projet pour l'application du nouveau système au Palais, en collaboration avec M. Cheysson, ingénieur des ponts et chaussées, chef du service du 6e groupe.

C'est ce projet qui a été approuvé par la Commission impériale, qui est aujourd'hui en voie d'exécution, et dont je vais maintenant avoir l'honneur de vous entretenir.

APPLICATION AU PALAIS DU CHAMP DE MARS.

pplication dont il s'agit emploiera une force totale de 105 chevaux
tie en quatre centres de force motrice autour du Palais. Cette force
nécessaire pour produire dans la galerie rayonnante une vitesse
raînement de 2 mètres par seconde[1].
vitesse de 2m par 1″ correspond à un refoulement d'air total de
00 mètres cubes environ par heure.
effet, si vous voulez bien vous reporter à la moyenne d'entraîne-
par force de cheval à la vitesse d'un mètre, que les expériences ont
ssortir au chiffre de 13,970 mètres cubes, il est évident que pour la
e de 2 mètres, cet entraînement moyen sera réduit à la moitié de
ffre, soit à 6,985 mètres cubes.
r tenir compte de l'augmentation de résistance qu'on rencontrera
blement dans l'application, je réduis ce dernier chiffre à 6,700
s cubes.
rouve ainsi :

$$6{,}700^{mc} \times 105 = 703{,}500^{mc}.$$

force motrice étant proportionnelle au carré de la vitesse d'en-
ment, il suffirait de 25 à 26 chevaux pour produire la vitesse de
tre dans les galeries rayonnantes, et pour obtenir un refoulement
de 350,000 mètres cubes par heure.
e dernière combinaison donnerait au moins 10 mètres cubes d'air
siteur et par heure, et assurerait convenablement l'expulsion de la
rtion d'air vicié.
s ce n'est pas là le seul but qu'on doit se proposer dans la venti-
d'un édifice, qui, en raison de sa forme et de son mode de con-
ion, sera particulièrement exposé à la réverbération des rayons so-
. La chaleur absorbée par la toiture tendra à échauffer la masse
intérieure, en se propageant de haut en bas.
t pour combattre, autant que possible, cette cause d'élévation de
npérature intérieure que le projet de ventilation a été basé sur une
e d'entraînement de 2 mètres dans les galeries rayonnantes, et par
quent sur l'emploi d'une force motrice d'au moins 100 chevaux-
ır.
premier centre de force motrice que l'on rencontre en partant du

[1] u moment où le projet de ventilation a été mis sur le tapis, il n'était pas très-facile
oviser une force motrice de 105 chevaux, répartie aussi également que possible au-
u Palais.
M. Cheysson, qui a la force motrice du Palais dans ses attributions, a résolu ce pro-
très-habilement et très-heureusement

pont d'Iéna et en tournant à gauche, se compose d'une locomobile de 15 chevaux actionnant deux ventilateurs doubles semblables à celui qui a servi aux expériences préalables.

Cette installation se fait dans le parc, à côté de la chaudière de MM. Chevalier et Duvergier, de Lyon.

Les ventilateurs sont fournis par M. Perrigault lui-même; et l'installation est faite par MM. Farcot père et fils, propriétaires-constructeurs de la locomobile.

Ce premier centre alimentera deux jets d'air comprimé et ventilera les secteurs n°s 3 et 4 du Palais.

Le deuxième centre de force motrice est situé dans l'intérieur du bâtiment annexe de la chaudière belge. Il consiste dans un exhausteur à gaz à 3 cylindres de $0^m.80$ de diamètre et de $0^m.70$ de course, actionnés par un cylindre unique à vapeur. Cet appareil de compression est installé par M. Gargan, constructeur de machines à Paris. Il est du même modèle que ceux qui fonctionnent à l'usine à gaz de la Villette, à la grande satisfaction de la Compagnie parisienne, et qui sont dus à ce constructeur.

La force motrice, estimée à 25 chevaux, sera prise directement sur la chaudière belge.

Ce deuxième centre alimentera 4 jets et ventilera les secteurs n°s 5, 6, 7 et 8 du Palais.

Le troisième centre est situé dans l'intérieur même de la grande galerie des machines, section des États de l'Allemagne du Sud. L'appareil de compression se compose de 2 grands ventilateurs doubles Perrigault, qui empruntent une force motrice de 25 chevaux sur l'arbre de couche du Palais.

Les choses sont disposées de façon à ce que l'air aspiré et comprimé par les ventilateurs sera emprunté à la galerie d'aérage et non point à l'atmosphère de la galerie des machines.

C'est encore MM. Farcot père et fils qui sont chargés de cette installation. Toutefois, les ventilateurs sont construits par M. Perrigault lui-même.

Le troisième centre alimentera 4 jets moteurs et est destiné à la ventilation des secteurs n°s 9, 10, 11 et 12.

Enfin le quatrième centre, dont la force est de 40 chevaux-vapeur, s'installe sur un terrain situé dans le Parc, vis-à-vis de la section anglaise.

MM. Gauthier et Philippon, constructeurs à Paris, sont chargés de cette installation qui se composera d'une machine demi-fixe, du système de M. Philippon, et de deux cylindres à air ou machines soufflantes dont le diamètre est de $1^m.20$ et la course de $0^m.80$.

Ce quatrième et dernier centre alimentera 6 jets moteurs et ventilera les secteurs n°s 13, 14, 15, 16, 1 et 2.

Telles sont les dispositions prises pour la production de l'air comprimé.

e qui sera ainsi comprimé par heure par ces quatre centres
otrice développant toute leur puissance, sera de 30 à 35,000
es, sous des pressions effectives variant entre 0m.30 et 0m.80
d'eau.

duire l'air comprimé aux orifices des 16 jets moteurs, on doit
onduites en tôle bitumée du système Chameroy.

luites forment 4 réseaux distincts correspondants aux 4
orce motrice.

ite maîtresse de chaque réseau a naturellement son point de
écipient de chaque centre et est dirigée d'abord sur le puits
plus voisin. Elle s'engage ensuite dans la galerie d'aérage
furque au besoin, pour aboutir aux jets moteurs.

tre de ces conduites varie entre 0m.60 et 0m.30.

prenez, Messieurs, qu'en raison de la faible pression de l'air
il était nécessaire de le faire circuler à petite vitesse dans de
nètres pour diminuer autant que possible les pertes de

ètres ont été calculés de façon à ce que la moyenne de la
arge sur le jet moteur ne dépasse pas 2 à 3 centimètres

voir modifier à volonté la section de l'orifice de sortie de l'air
et par suite la vitesse d'entraînement dans les galeries rayon-
lieu de se servir d'ajutages mobiles, comme dans les expé-
Conservatoire et du Champ de Mars, on installera un appareil
disque démasquant 4 secteurs disposés symétriquement par
axe de l'appareil.

eil injecteur, qui est construit par la maison Gouin et qui a été
t étudié par M. Fouquet, ingénieur attaché à cette maison,
dran sur lequel une aiguille indique la section démasquée
imum peut aller jusqu'à 130 centimètres carrés.

les différents appareils qui concourent à la ventilation géné-
is.

i déjà fait remarquer, Messieurs, que l'aspiration devait se
puits d'aérage de 3 mètres de diamètre, disposés à peu près
nent autour du Palais sur la bissectrice de l'angle formé par
es rayonnantes contiguës.

de cette disposition que l'air fourni par un puits se partagera
rties sensiblement égales entre les deux galeries rayonnantes
oite et à gauche.

e d'aérage a sensiblement la même section que la galerie
soit 6 mètres carrés. La vitesse de l'air n'y sera donc que
elle de la galerie rayonnante, soit environ 1 mètre par 1″.

que l'aspiration puisse se faire dans des conditions normales,
saire que la section de la voûte du puits qui met celui-ci en

communication avec la galerie d'aérage, soit au moins de 6 mètres carrés, puisque cette voûte doit débiter à peu près la même quantité d'air que la galerie rayonnante.

Or, en fait, la section de ces voûtes des puits est loin d'atteindre 6 mètres carrés. Elles sont toutes plus ou moins surbaissées et encombrées de façon à ce que leur section se trouve réduite à 4^{mc}.50 environ.

C'est pour parer à ce grave inconvénient qu'on établit en ce moment un certain nombre de grilles de ventilation sur le promenoir de la marquise extérieure et communiquant directement avec les galeries d'aérage.

Ces rentrées d'air supplémentaire étaient indispensables pour assurer ce qu'on peut appeler le service de l'aspiration de l'air extérieur.

Quant à l'expulsion de l'air intérieur vicié ou échauffé, elle n'est assurée que par l'action de la ventilation naturelle des galeries d'exposition et par la sur-pression produite par le refoulement de l'air nouveau.

Cette évacuation doit se faire, sans résistance sensible, par les ouvertures des persiennes ménagées à cet effet. C'est du reste l'opinion émise par M. Tresca dans son rapport.

Toutefois, il est à craindre que l'interposition de hautes cloisons entre les grilles d'arrivée et les persiennes d'évacuation ne soient une cause de résistance sur laquelle on ne comptait pas.

Il est à craindre, en tout cas, par suite de l'installation de ces hautes cloisons, que l'air nouveau fourni par la ventilation ne se répartisse pas également sur toute la surface du Palais, comme cela était prévu, et qu'on ne remarque des espaces ouverts où la ventilation sera très-active à côté d'espaces fermés où l'air nouveau ne pénétrera pas.

Un dernier mot sur le prix de revient de la ventilation du Palais.

Le volume d'air fourni sera, en comptant par unité de mille mètres cubes :

Par heure.	700 unités.
Par jour à raison de 7 heures 1/2.	5,250 —
Pour toute la durée de l'Exposition évaluée à 150 jours seulement, 5,250 × 150 = ...	787,500 —

Or, la dépense totale relative à l'application du système ne dépassera pas 78,750 fr.

Le prix de revient de 1,000 mètres cubes d'air nouveau envoyé dans le Palais sera donc, tout compris, *d'environ* 0 fr. 10.

Nous avons vu plus haut que ce prix était de 0 fr. 16 pour la ventilation du pavillon des femmes de l'hôpital de Lariboisière.

Me voici, Messieurs, arrivé au terme de la communication que je m'étais proposé de faire à votre honorable Société.

te à vous remercier pour la bienveillante attention que vous oulu m'accorder.

re prochaine séance, vous voulez bien m'accorder encore istants, je vous présenterai quelques considérations sur l'ap- 1 nouveau système à la ventilation des hôpitaux, des théâtres, , ainsi qu'à la soufflerie des forges.

re se propose de vous exposer lui-même le programme gé- pplication aux mines.

lépendamment de ces applications, le nouveau système est d'être appliqué à la métallurgie, au moyen de l'appareil fort I. Wiessnegg, dans lequel l'air comprimé détermine un cou- . Il suffit pour obtenir ce résultat de calculer convenable- pport des deux diamètres d et D et la pression μ de l'air

anche sur la conduite de cet appareil et dans l'intérieur òne d'expansion une tubulure inclinée.

t communiquer cette tubulure avec un récipient contenant ıbustible qui sera soit de l'hydrogène pur, soit de l'hydro- ıé, soit de l'oxyde de carbone, soit même tout simplement lairage.

e de se rendre compte de l'effet qui se produira.

primé moteur, en se détendant dans la conduite, produit une en arrière du cercle qui forme la base du cône d'expansion.

précisément dans cette région que se trouve placée la tubulure oustible.

era donc aspiré avec plus ou moins de force, et dans une pro- est facile de régler au moyen d'un robinet.

primé, l'air atmosphérique entraîné et le gaz combustible se mélanger *d'une manière intime* dans leur trajet par l'ap- ition indispensable pour le succès de l'opération qui se sée de la manière la plus simple par la seule force motrice comprimé.

i de suite que ce jet moteur étant fourni par un récipient qu'il ment facile d'entretenir à pression constante, le courant ant par l'orifice de l'appareil aura une *stabilité* qu'il serait l'obtenir avec tout autre système de soufflerie.

e plus qu'à mettre le feu à ce courant pour obtenir une t la puissance calorifique dépasse celle de tous les chalu- us jusqu'à ce jour.

et appareil réalise admirablement, et de la manière la plus leux conditions essentielles des chalumeaux : le *mélange in-* avant leur combustion et la *stabilité absolue* du courant en-

ez, Messieurs, que les choses en apparence les plus simples,

sont souvent celles qui exercent le plus le génie inventif de l'homme, et vous reconnaîtrez certainement que l'addition de cette tubulure, qui transforme immédiatement notre appareil de ventilation et de soufflerie en un chalumeau d'une puissance extraordinaire, fait le plus grand honneur à son auteur, M. Wiessnegg, jeune constructeur d'appareils de précision.

M. Wiessnegg fait fonctionner l'appareil devant les membres de la Société; avec du gaz d'éclairage, il a fondu, en quelques minutes, des rivets dans un creuset, et les a transformés en un culot de fer doux.

DEUXIÈME PARTIE.

'honneur d'exposer devant vous, à votre dernière séance, les
s formules de la théorie de la ventilation par l'air comprimé.
nt d'abuser de votre attention, je m'étais appliqué à concentrer
possible la partie théorique, évitant d'aborder des considéra-
'étaient pas absolument indispensables, soit pour définir théo-
le fonctionnement du nouveau système, soit pour établir des
omparaison avec les systèmes actuellement en usage.
ervation de votre honorable président m'a semblé contenir un
amical de ma brièveté sur ce point.
dès lors convenable de compléter mon premier exposé par deux
ions qui se déduisent de la théorie et qui, présentant certain
pratique, auront probablement quelque intérêt pour vous.
parler d'abord de la proportion d'air atmosphérique entraîné
comprimé moteur, proportion qui va prendre des valeurs dif-
uivant que l'on comparera les volumes ou les poids.
ents de cette double comparaison sont implicitement contenus
mule fondamentale :

$$mV = MU. \quad (1)$$

vez, messieurs, que cette formule est relative à l'*appareil simple*.
t d'un appareil quelconque dont le coefficient de résistance

$$u = \frac{U}{K} \text{ et } U = K \times u;$$

côté on peut écrire :

$$M = \frac{\delta \times \omega}{g} U = K \times \frac{\delta \times \omega}{g} \times u.$$

$$MU = K^2 \times \frac{\delta \times \omega}{g} \times u^2 = K^2 M' u$$

nt par M' la masse $\frac{\delta \times \omega}{g} u$ qui est refoulée par 1″ dans l'appa-
onque que l'on considère.

J'écrirai donc d'une manière générale :

$$mV = K^2 M' u. \qquad (2)$$

La masse M' est la masse totale refoulée par 1″, elle comprend donc la masse m de l'air comprimé moteur.

Pour établir la proportion des masses, c'est-à-dire des poids, il suffit d'écrire :

$$\frac{M'}{m} = \frac{V}{K^2 u}; \qquad (3)$$

et

$$\frac{M' - m}{m} = \frac{V}{K^2 u} - 1. \qquad (4)$$

L'équation (3) donne le nombre de kilogrammes d'air refoulé à la vitesse u, par kilogramme d'air comprimé.

L'équation (4) donne le poids de l'air aspiré dans les mêmes conditions.

Si l'on opère dans l'appareil simple, à la vitesse d'entraînement de 1 mètre, la formule (3) se réduit à :

$$\frac{M'}{m} = V. \qquad (5)$$

Dans ces conditions la proportion des poids est égale à la vitesse de l'air comprimé.

Or vous savez, Messieurs, que la vitesse de l'air comprimé a une limite supérieure, qui n'est autre que celle du coefficient $Ao = 404^m.4$.

En effet, cette vitesse est donnée par la formule :

$$V = \sqrt{\frac{2gp}{\rho}}. \qquad (6)$$

p étant la pression effective et ρ le poids du mètre cube de l'air comprimé.

Remplaçons p par $\pi \times \mu$ et ρ par $(\mu + 1)\delta$, conformément à la loi de Mariotte, nous aurons alors :

$$V = \sqrt{\frac{2g\pi}{\delta} \times \frac{\mu}{\mu + 1}}, = Ao \sqrt{\frac{\mu}{\mu + 1}}. \qquad (7)$$

Si dans cette dernière équation (7), nous faisons $\mu = \infty$, nous aurons pour la limite supérieure de la vitesse V :

$$Vo = Ao = 404^m.4. \qquad (8)$$

C'est la vitesse de l'air comprimé à une pression quelconque s'échappant dans le vide.

Ainsi, 1 kilogramme d'air comprimé à une pression quelconque, ne

raîner plus de 404k d'air atmosphérique, à la vitesse de 1 mètre

aintenant, nous considérons la proposition des volumes entraînés, rrons poser, en désignant ces volumes par Q et par q :

$$\frac{Q}{q} = (\mu + 1)\frac{M'}{m}; \qquad (9)$$

donnera :

r le refoulement :

$$\frac{Q}{q} = \frac{\mu+1}{K^2} \times \frac{V}{u}; \qquad (10)$$

r l'aspiration :

$$\frac{Q-q}{q} = \frac{\mu+1}{K^2} \times \frac{V}{u} - 1. \qquad (11)$$

t ainsi que la proportion des volumes de l'air atmosphérique et de l'air comprimé moteur, mesuré sous pression, va toujours entant avec la pression.

'expérience faite devant vous, à la dernière séance, avec l'aju- 0m.0003 et la pression $\mu = 1$, nous avions $K^2 = 1$, et la vitesse ement u était environ 0m.60.

portion des volumes était donc :

$$\frac{Q}{q} = \frac{2 \times 286}{0.60} = 953;$$

re qu'un litre d'air comprimé, mesuré sous pression, entraî- s les conditions de l'expérience, 953 litres d'air atmosphérique. yen de ces nouvelles formules et de celle donnée dans la der- nce, on pourra calculer d'avance le volume d'air entraîné à la dans un appareil de ventilation quelconque :

force de cheval de jet comprimé;

force de cheval du moteur, et par kil. de charbon consommé;

kilogramme d'air comprimé ;

mètre cube d'air comprimé, mesuré sous pression.

les circonstances du phénomène de l'entraînement de l'air par rouvent ainsi déterminées par le calcul.

aborder maintenant la seconde considération qui est relative au ement de l'air entraîné.

passe-t-il, au point de vue de la température, dans un jet d'air é qui sort d'un récipient, que je supposerai entretenu à une pres- tante et à la température de l'air ambiant?

avez parfaitement, Messieurs, que ce jet d'air comprimé sortant

librement dans l'atmosphère, subira un refroidissement *considérable*, et d'autant plus grand que sa pression sera plus élevée.

Avec les moyens très-limités dont nous disposons, MM. Lehaître, Jullienne et moi, nous sommes parvenus à obtenir un abaissement de 42° centigrades, avec un jet d'air comprimé entre 4 et 5 atmosphères effectives.

Sur un récipient contenant environ 50 litres d'air comprimé à ladite pression, était adapté un robinet de 0m.025 de diamètre.

Un thermomètre très-sensible était maintenu à la main dans la partie cylindrique du robinet comprise entre la clef et l'orifice de sortie.

L'air du récipient était à la température ambiante; on ouvrait rapidement le robinet. L'air comprimé se lançait dans l'atmosphère en faisant osciller violemment la boule du thermomètre, qui cependant ne venai pas se briser sur la paroi du robinet, parce que le jet comprimé sert ic de coussin.

On voyait immédiatement le thermomètre descendre rapidement. Un intervalle de 6″ suffit pour l'écoulement total de l'air contenu dans le récipient, sous l'influence seule de la détente, et pour faire descendre l thermomètre de 42°.

Nous avons répété plusieurs fois cette expérience; et nous avons vu l thermomètre passer en 6″ de +22° à —20°.

La boule se couvrait de glace et de petits glaçons, ou plutôt de petit *grêlons* étaient projetés avec force.

M. Tresca, qui dispose au Conservatoire de moyens beaucoup plu puissants, m'a dit avoir obtenu des abaissements de température beau coup plus considérables.

Ainsi voilà un fait bien constaté par l'expérience : c'est le froid produ par la détente d'un jet d'air comprimé qui s'élance dans l'atmosphère.

Si donc nous employons, pour produire un entraînement d'air atmo sphérique dans une conduite, un jet d'air comprimé sortant d'un rése voir entretenu à pression et à température constantes, il est évident, *priori*, que le froid de la détente du jet moteur se répartira dans toute masse entraînée, et que le volume d'air ainsi refoulé sera plus ou moi rafraîchi.

Il est certainement intéressant de pouvoir constater d'avance la vale de cet effet réfrigérant.

La théorie de l'entraînement que j'ai eu l'honneur de vous expos combinée avec la nouvelle théorie mécanique de la chaleur, permet d border ce problème ; et je vais vous en soumettre une solution.

Pour simplifier la question, je vais considérer ce qui doit se pas dans l'appareil simple.

La force vive du jet moteur est :

$$\frac{mV^2}{2}$$

du courant de ventilation est :

$$\frac{MU^2}{2}.$$

en vertu de la relation fondamentale :

$$mV = MU,$$

ons :

$$\frac{MU^2}{2} = \frac{mV}{2} \times U = \frac{mV^2}{2} \times \frac{U}{V}.$$

:

$$\frac{MV^2}{2} - \frac{MU^2}{2} = \frac{mV}{2}(V - U). \tag{12}$$

ui indique qu'il y a nécessairement une perte de force vive plus ns grande due au phénomène de l'entraînement de l'air par l'air. ès la théorie mécanique de la chaleur, toute force vive perdue e représentée par un nombre équivalent de calories communi- ux corps en mouvement.

ns donc l'équation :

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{MU^2}{2} = C \times E. \tag{13}$$

le nombre de calories correspondant à la force vive perdue par le l'entraînement, et E l'équivalent mécanique de la chaleur.

quations (12) et (13) donnent :

$$E \times C = \frac{mV}{2}(V - U). \tag{14}$$

savons qu'immédiatement à sa sortie de l'orifice, le jet comprimé e, par le fait de la détente, un abaissement de température.

la température de l'air comprimé dans le récipient, laquelle est, othèse, égale à celle de l'air ambiant.

$t_1 < t$ la température du courant rafraîchi par la détente de l'air mé moteur.

t' la température à laquelle l'air comprimé descendra par l'effet étente.

ir se réchauffera ensuite, dans la période d'entraînement, en re- t de t' à t_1, tandis que l'air atmosphérique entraîné se refroidira endant de t à t_1.

nt enfin :

$$t_1 - t' = \theta ; \text{ et } t - t_1 = \tau.$$

is calculer maintenant le nombre de calories C que l'air com- empruntera à l'air entraîné, pour passer de la température t' à la ature t_1 du mélange.

rai d'abord :

$$C = \frac{\pi d^2}{4} \times V \times \theta \times (\mu + 1)\,\delta \times \gamma. \tag{15}$$

J'aurai également :

$$C = \frac{\pi D^2}{4} \times U \times \tau \times \delta \times \gamma. \qquad (16)$$

L'équation (15) donne le nombre de calories gagnées par l'air comprimé pour se réchauffer de θ degrés.

L'équation (16) donne le nombre de calories perdues par l'air entraîné pour se refroidir de τ degrés.

Ces deux quantités seront égales, si l'on néglige les pertes par radiation, ce qui donne d'abord :

$$\frac{\theta}{\tau} = \frac{D^2}{d^2} \times \frac{U}{(\mu+1)V} = \frac{V}{U}. \qquad (17)$$

Ainsi je constate d'abord que les différences de température θ et τ son entre elles dans le même rapport que les vitesses V et U.

Maintenant, la combinaison des équations (14) et (15), donne :

$$\frac{mV}{2}(V - U' = E \times \frac{\pi d^2}{4} \times V \times \theta \times (\mu+1) \times \delta \times \gamma.$$

On en tire, toute réduction faite :

$$\theta = \frac{V(V-U)}{2 \times E \times g \times \gamma}. \qquad (18)$$

et par suite :

$$\tau = \frac{U(V-U)}{2 \times E \times g \times \gamma}. \qquad (19)$$

Si maintenant je fais :

$$E = 430,$$
$$g = 9.81,$$
$$\gamma = 0.237,$$

j'aurai sensiblement :

$$\theta = \frac{V(V-U)}{2.000}. \qquad (20)$$

et

$$\tau = \frac{U(V-U)}{2.000}. \qquad (21)$$

Telles sont les formules qui donnent les différences de température θ et τ, par application de la théorie mécanique de la chaleur combinée avec celle de l'entraînement de l'air par l'air.

Supposons que l'entraînement ait lieu par un jet d'air comprimé, produisant une vitesse d'entraînement très-petite dans une conduite d'un diamètre très-grand, nous pourrons négliger la valeur de U et écrire :

$$\theta = \frac{V^2}{2.000};$$

sant V=Vo=404m.4, limite de vitesse de l'air comprimé, nous

$$\theta_0 = \frac{(404.4)^2}{2.000} = 81°77.$$

valeur de $\theta_0 = 81°77$ représente le *maximum d'abaissement de tem- produit par la détente, à l'air libre, d'un jet d'air comprimé à haute*

t évident *à priori*, que la vitesse de l'air comprimé ayant une e froid produit par la détente d'un jet comprimé, sortant à l'air vait également en avoir une.

limite supérieure serait d'environ 80°, d'après la théorie que je vous exposer.

à l'abaissement de température τ, qui dans certaines applica- ventilation par l'air comprimé, peut jouer un rôle important, r croît proportionnellement et à la vitesse d'entraînement U, et rence V — U.

nbert est le premier qui ait proclamé ce grand principe : *qu'il pas de force perdue en mécanique.*

omètres ont pensé d'abord que le principe n'était pas exempt ions, par exemple dans le cas du choc qui donne lieu à une force vive.

a théorie mécanique de la chaleur nous démontre aujourd'hui sement que cette perte de force n'est qu'apparente, attendu st compensée par une production de chaleur équivalente, et aleur est elle-même une force.

l'entraînement de l'air par l'air, il y a choc des molécules d'air es, et par suite perte de force vive.

ette perte de force se trouve compensée par une production de qui a pour effet de réchauffer le jet comprimé moteur ; et comme r nécessaire pour produire cet effet est empruntée à l'air en- a perte de force vive se trouve finalement compensée par le ra- ement de la masse d'air mis en mouvement.

ne compensation qui n'est pas à dédaigner dans un grand d'applications à la ventilation.

is devoir limiter ici les considérations théoriques, et je vais ant aborder la question des applications du nouveau système.

1° APPLICATION A LA MÉTALLURGIE.

urs, dans votre dernière séance, vous avez été témoins d'un ré- étallurgique obtenu avec un chalumeau à l'air comprimé qui tre que notre appareil ordinaire de ventilation transformé au 'une addition due à M. Wiessnegg. Ce jeune et habile construc- tenu la fusion du fer doux en votre présence.

Il obtient aussi facilement la fusion du platine.

Vous savez que les chalumeaux à gaz d'éclairage ont fait dans ces derniers temps de très-grands progrès. M. Schlœsing, ingénieur des manufactures de l'État, a réalisé un appareil de cette espèce, avec lequel il obtient aisément la fusion du fer doux, et qui peut remplacer avec avantage les fourneaux employés dans les laboratoires pour les températures les plus élevées. La limite de pouvoir du chalumeau Schlœsing est vers la fusion du platine, soit environ 2000°. (Voir à ce sujet le compte rendu de l'Académie des sciences, en date du 4 décembre 1865.)

Je crois devoir citer ici l'appareil de M. Schlœsing, parce qu'il a une certaine analogie avec celui à l'air comprimé.

Les deux appareils diffèrent toutefois essentiellement par le mode de soufflerie, celui de M. Schlœsing marchant avec un soufflet ordinaire qui nécessite l'emploi d'un gazomètre entretenu à une pression constante.

Pour faire produire aux chalumeaux à gaz leur maximum de puissance, pour pouvoir augmenter notablement leurs dimensions actuelles, en un mot, pour pouvoir sortir du domaine du laboratoire et aborder celui de l'industrie, il est indispensable d'avoir une soufflerie débitant des volumes d'air considérables avec une régularité pour ainsi dire mathématique.

Or, le chalumeau à l'air comprimé peut seul réaliser pratiquement ces conditions.

Rien ne s'oppose, en effet, à une augmentation de ses dimensions ; et si on l'applique un jour à l'industrie métallurgique, ce n'est pas la puissance de la soufflerie qui fera défaut, ni la facilité avec laquelle on pourra faire marcher à la fois plusieurs appareils concourant au même but.

Dans une application de ce genre, l'oxyde de carbone dont la production est si facile et si économique, viendrait naturellement remplacer le gaz d'éclairage.

Il n'y aurait qu'à se préoccuper de l'emmagasinement de ce gaz combustible, sa marche étant assurée d'avance par le jet d'air comprimé moteur.

2° APPLICATION AUX HOPITAUX.

La plus belle application que l'on puisse faire d'un système de ventilation quelconque, c'est assurément à une salle d'hôpital.

C'est ici surtout qu'il est important que les deux termes du problème soient résolus indépendamment l'un de l'autre :

1° Évacuation de l'air vicié;

2° Refoulement d'air nouveau, aussi pur que possible, par des ouvertures disposées de manière à ne pas incommoder les malades.

La proportion de l'air nouveau introduit doit être sensiblement égale à

l'air vicié expulsé, afin qu'il ne se manifeste par les portes e
es, ni rentrées ni sorties.

rogramme était exactement rempli, il est certain que la venti-
la salle d'hôpital serait parfaite, le volume d'air ainsi renou-
t convenablement calculé par lit et par heure.

me proposer d'abord de rechercher jusqu'à quel point ces con-
e trouvent satisfaites, avec les deux systèmes de ventilation
jusqu'à ce jour.

drai, pour exemple, le magnifique hôpital de Lariboisière où la
de ventilation a été traitée peut-être avec plus de soin qu'ail-

avez, Messieurs, que cet hôpital comprend six pavillons con-
ır le même modèle. Trois sont affectés aux hommes, et trois
ies.

villons des hommes sont ventilés par insufflation, au moyen
tilateur mécanique dont j'ai déjà eu occasion de parler.

villons des femmes sont ventilés par le système de l'appel
la chaleur.

erai d'abord des pavillons des hommes.

ouveau est refoulé mécaniquement dans la salle par des poêles
sur la ligne centrale.

e de rentrée est très-bien compris. Il ne saurait incommoder les
dont les lits sont adossés aux murs longitudinaux.

ouveau pénétrant au centre de la salle à une hauteur d'un
viron au-dessus du sol, et à petite vitesse, s'épanche librement
t à gauche dans toutes les parties de la salle.

vacuer l'air vicié, on a adopté une disposition qui met les trois
n même pavillon en communication avec une cheminée en zinc
de diamètre, établie au-dessus du centre du grenier, et qui do-
iîte du pavillon.

ites cheminées de $0^m.20$ à $0^m.25$ de côté sont pratiquées dans
ır des deux murs longitudinaux de chaque pavillon, et présen-
chacune des trois salles, des orifices situés à diverses hauteurs
on peut démasquer à volonté. Ces petites cheminées, au nombre
r pavillon, débouchent toutes dans deux grandes gaînes hori-
établies dans le grenier au-dessus des murs longitudinaux. Ces
ies horizontales, qui sont fermées à leurs deux extrémités, com-
nt à leur tour avec la base de la cheminée de ventilation.

disposition, qui ouvre ainsi un chemin à l'air vicié des salles est
née à l'action de la ventilation naturelle, aidée de la force ex-
ue au refoulement de l'air nouveau par les poêles.

que salle était hermétiquement fermée de toutes parts, comme
voir d'air, il est certain que la totalité de l'air nouveau refoulé
uement, ne pourrait sortir que par la cheminée de ventilation.

Mais en pratique, et on le comprend facilement, les choses sont loin de se passer ainsi.

M. le général Morin, qui s'est beaucoup étendu sur cette importante question dans son ouvrage déjà cité, va nous apprendre comment elles se passent.

Le premier fait intéressant à constater est celui-ci :

Y a-t-il une différence entre le volume d'air extrait des salles par la cheminée de ventilation, et le volume d'air refoulé dans les salles par la ventilation mécanique?

M. Grassi a trouvé une différence en moins de près de 5.000^{mc} par heure entre ces deux volumes[1]. Il en conclut que cet excédant d'air insufflé a dû passer par les joints des fenêtres et les ouvertures accidentelles des portes.

D'autres observations faites par MM. Trélat, Péligot, Leblanc et Ser ont fait ressortir un accord presque complet entre le volume d'air évacué par la cheminée de ventilation et celui introduit par les poêles.

Mais le volume d'air introduit par les poêles a toujours été trouvé inférieur à celui fourni par la ventilation et mesuré dans le grand tuyau porte-vent.

Si donc, on admet, comme cela paraît probable, qu'une partie de l'air refoulé pénètre dans la salle, en dehors des poêles, et par les joints des gaînes horizontales pratiquées dans l'épaisseur du plancher, les observations citées ci-dessus sont en concordance avec celles de M. Grassi.

La première conséquence à tirer de l'observation des faits serait donc celle-ci :

Le volume d'air refoulé mécaniquement dans la salle est supérieur au volume extrait de cette même salle par la cheminée de ventilation.

Ce résultat se comprend parfaitement.

L'air refoulé dans la salle tend à sortir par les ouvertures qui lui présentent le moins de résistance. Or, l'appareil d'évacuation pris dans son ensemble comporte évidemment une certaine somme de résistances due au parcours plus ou moins long et accidenté que l'air doit effectuer pour arriver à la base de la cheminée de ventilation. L'air ancien tend à sortir de préférence par un joint de fenêtre, ou par l'ouverture accidentelle d'une porte.

La sortie de l'air par la cheminée de ventilation se fait sous l'action simultanée de la ventilation naturelle et de la force expulsive due au refoulement de l'air nouveau.

M. le général Morin constate que cette dernière force ne contribue que pour 15 °/₀ sur l'effet total de l'évacuation de l'air vicié; le reste, soit 85 °/₀ devant être attribué à la ventilation naturelle[2].

1. *Etudes sur la ventilation*, 1er volume, page 383.

2. *Ibid.*, 1er volume, page 423.

vacuation de l'air vicié doit donc varier beaucoup d'intensité, lle dépend de deux causes : l'une qu'on peut regarder comme e et qui est le ventilateur, et l'autre essentiellement variable, qui on de la ventilation naturelle.

rouvons-nous, dans l'ouvrage de M. le général Morin, que le vo- ir vicié, évacué par la cheminée de ventilation est moitié moins able en été qu'en hiver[1].

rrégularité dans l'évacuation de l'air vicié constitue certaine- grand inconvénient au point de vue hygiéniqne.

l en existe d'autres plus graves encore. Que se passe-t-il quand quelques fenêtres dans l'une des trois salles d'un même pavillon, s deux autres salles restant fermées?

vident, *à priori*, que la majeure partie, sinon la totalité de l'air ar le ventilateur mécanique sortira par les fenêtres ouvertes, et urant de ventilation naturelle des petites cheminées d'évacua- à peu près interrompu.

et a été observé en avril 1856, par MM. Trélat et Peligot. Ces ob- s ont même constaté un *retour d'air vicié, dans la salle du pre- e du pavillon n° 4, par suite du renversement du courant dans anaux d'évacuation, quand on ouvrait un certain nombre de fenêtres salle*[2].

ciéqui revenait ainsi dans la salle où se faisaient les expériences lques fenêtres étaient ouvertes, provenait des gaînes du grenier langent les produits viciés des 3 salles d'un même pavillon. Il t donc en définitive des 2 autres salles.

inutile de vous faire remarquer, Messieurs, l'extrême gravité de es effets.

ssi ne se la dissimule pas, car il dit à ce propos :

fait existait réellement, il faudrait renoncer au système, car il possible d'éviter l'ouverture très-fréquente des portes et quel- des fenêtres[3]. »

nerai ici, Messieurs, mes observations sur la ventilation des ns des hommes de l'hôpital de Lariboisière.

uffisent pour établir que cette ventilation est incomplète, par la ie l'évacuation de l'air vicié n'est pas suffisamment assurée.

s termes du problème est seul résolu; le second ne l'est pas.

se maintenant à la ventilation des 3 pavillons des femmes.

a procédé d'une manière inverse. On applique la force directe de ır à l'aspiration de l'air vicié des salles, et la rentrée de l'air est abandonnée à l'action de la ventilation naturelle.

s sur *la ventilation*, 1er volume, page 123.

, 1er volume, page 397.

, 1er volume, page 39

Les dispositions prises pour la sortie de l'air vicié, sont à peu près celles que j'ai décrites pour les pavillons des hommes.

Seulement, la cheminée d'évacuation est plus grande, plus élevée, et construite en briques.

Pour y produire l'appel, on a installé à sa base, considérablement élargie, des récipients d'eau chaude dont le nombre atteint 17.

L'eau chaude est employée ici non-seulement comme source de chaleur pour la ventilation, mais encore comme moyen de chauffage de toutes les salles d'un pavillon.

L'air nouveau rentre par des caniveaux qui prennent jour, soit sur les deux murs longitudinaux du pavillon, soit dans les caves.

Toutes les prises d'air nouveau se réunissent dans un caniveau central sur lequel on a installé quatre poêles par salle. C'est, en définitive, par ces poêles que l'air nouveau pénètre dans la salle.

De nombreuses expériences ont été faites dans le but de constater les résultats de cette ventilation, non-seulement par les personnes dont j'ai eu occasion de citer les noms à propos de la ventilation des pavillons des hommes, mais encore par M. le général Morin lui-même qui, dans son ouvrage, manifeste une prédilection marquée en faveur de ce système.

On a constaté d'abord que le volume d'air nouveau rentrant par les poêles, n'est que la moitié environ du volume évacué par la cheminée de ventilation sous l'influence de l'appel.

Le complément rentre donc par les portes et fenêtres.

M. le général Morin constate bien ce résultat; mais il n'en discute pas les conséquences.

Cependant on comprend *à priori* qu'une rentrée d'air qui se produit par les portes et fenêtres, sur une aussi grande échelle, ne doit pas être sans inconvénient pour les malades. Indépendamment des courants d'air qui peuvent les incommoder, il est évident que l'air qui rentre par les portes de la salle, et qui provient des pièces voisines, des escaliers, etc., n'a pas le degré de pureté convenable, et peut même être déjà vicié.

Sans doute, quand on ouvre les fenêtres, on n'est pas exposé, comme dans les pavillons des hommes, à des retours d'air vicié, provenant des gaînes du grenier. L'aspiration devient au contraire plus énergique, ainsi que les expériences l'ont constaté.

Mais il n'en est pas moins prouvé que si de l'air vicié ne peut revenir dans la salle par les conduits d'aspiration, il peut en arriver par les portes.

Mon intention n'est pas d'aborder ici une discussion comparative des deux systèmes de ventilation appliqués concurremment à l'hôpital Lariboisière. Cette comparaison a été faite par M. le général Morin; elle est tout à l'avantage du système de l'appel.

Je me bornerai à constater que le système de l'appel est tout aussi incomplet que celui de l'insufflation.

ident que chacun des deux systèmes ne résout que la moitié
ne.

assure la sortie de l'air vicié; mais il n'assure pas la rentrée
veau.

ation assure au contraire la rentrée de l'air nouveau; mais elle
s l'évacuation de l'air vicié.

onc autorisé à dire que jusqu'à présent le problème de la ven-
hôpitaux n'a point été résolu d'une manière complète.

cisément cette solution complète de ce problème essentiel-
anitaire, que je vais maintenant avoir l'honneur de vous sou-
y appliquant le système de la ventilation par l'air comprimé.
pose même de traiter en même temps la question du chauf-
e sorte que le problème va se trouver posé de la manière sui-

ire d'une salle d'hôpital une proportion donnée d'air vicié par

er dans le même temps une proportion égale d'air nouveau;

*ouveau sera pur, et devra être introduit dans la salle par des ou-
iales disposées de manière à ne pas incommoder les malades;*

*t la saison d'hiver, l'air nouveau devra être introduit à une tem-
ulée de manière à maintenir dans la salle le nombre de degrés
e et servir ainsi de moyen de chauffage.*

concerne d'abord l'évacuation de l'air vicié, je ne vois rien
proposer, comme installation, que ce qui existe à l'hôpital
.

uits d'évacuation pratiqués dans les murs longitudinaux
s des malades, et aspirant l'air vicié à différentes hauteurs,
préciés par les médecins.

ontré d'ailleurs, par les expériences des pavillons de Lari-
tilés par appel, que des retours d'air vicié ne sont pas à
s ces conduits, si l'aspiration de la cheminée centrale de ven-
lie au-dessus de chaque pavillon est assurée.

ouveau système, il suffira, pour assurer l'évacuation de l'air
t un pavillon, d'installer un jet d'air comprimé à la base et
e la cheminée centrale.

re de ce jet sera réglé, suivant les besoins, et suivant l'action
tion naturelle au moyen d'un injecteur à cône ou à disque.
le jet d'air comprimé puisse produire son effet dans la che-
nécessaire que celle-ci ait en hauteur environ six fois le dia-
le cas où l'on voudrait réduire cette hauteur, on pourrait
lieu d'un jet unique, plusieurs jets moteurs disposés symé-
par rapport à l'axe de la cheminée.

ière disposition était indiquée dans un projet remis, il y a

environ un an, à M. le directeur de l'Assistance publique, pour un essai de ventilation par l'air comprimé sur le pavillon des hommes nº 2, de l'hôpital Lariboisière.

Il n'y a point à se préoccuper ici de la question du transport d'une certaine quantité d'air comprimé au sommet de chaque pavillon. On sait d'avance que l'air comprimé se transporte de lui-même, et sans perte de charge sensible, à des distances considérables, dans des conduites dont les diamètres sont convenablement calculés.

La première partie du problème n'offre donc aucune difficulté.

J'aborde maintenant la question de la rentrée de l'air nouveau, et pour fixer les idées, je supposerai qu'il s'agit d'un hôpital divisé en pavillons semblables à ceux de Lariboisière.

Ces pavillons, établis sur caves, présentent un rez-de-chaussée et deux étages. Chaque étage comprend une salle principale de trente-deux lits.

Dans chacune de ces salles sont installés quatre poêles à air sur la ligne centrale.

Je conserve la disposition de ces quatre poêles qui me paraît excellente pour la rentrée de l'air nouveau et sa répartition dans la salle.

Mais aux gaînes de refoulement des pavillons des hommes et aux caniveaux d'aspiration des pavillons des femmes, je propose de substituer une disposition beaucoup plus simple et que je vais esquisser en quelques mots.

Sur les quatre lignes verticales passant par les axes des quatre poêles d'une même salle, j'établis une colonne creuse ou gaîne verticale dont la base inférieure pénètre jusque dans les caves du pavillon, et dont la partie supérieure viendra se terminer à la base du poêle de la salle du 2e étage.

La section de cette colonne ira en diminuant avec sa hauteur, de façon à ce que la partie inférieure, destinée à l'alimentation de trois poêles, soit précisément le triple de la partie supérieure qui n'aura à conduire que le volume débité par un seul poêle.

J'installe à la base de chacune de ces quatre colonnes un jet d'air comprimé qui refoulera dans les trois salles l'air nouveau pris dans les caves.

Il va sans dire que les caves étant elle-mêmes en communication directe, par des soupiraux verticaux, avec les cours et jardins qui entourent chaque pavillon, l'air nouveau, ainsi introduit, aura tout le degré de pureté désirable.

Cette disposition est à la fois simple et économique. Elle offre une certaine analogie avec celle de la grande cheminée centrale de l'hôpital de Glasgow[1].

Reste maintenant la question de chauffage pendant l'hiver.

1. *Etudes sur la ventilation*, 1er volume, page 30.

paraît présenter aucune difficulté.
nes et les poêles qui fourniront en été de l'air frais refoulé
primé, peuvent parfaitement fournir en hiver de l'air chaud
l'air tiède refoulé par le même procédé.
nir ce résultat, il suffira d'installer dans les caves de chaque
ou plusieurs calorifères, et d'y ménager des chambres de
nblables à celles qui existent au Conservatoire des Arts et

a saison d'hiver, l'air nouveau passera par la chambre de

disposition est évidemment facile à réaliser avec une ma-
ble de portes et de registres.
, en substance, les dispositions qu'on pourrait adopter pour
n complète et le chauffage à l'air tiède d'un pavillon d'hô-

-moi maintenant, Messieurs, de vous soumettre un calcul
f de la force motrice qui serait nécessaire pour ventiler un
ces conditions.
qu'il s'agisse d'un hôpital de l'importance de celui de La-
est-à-dire comportant 6 pavillons à 3 salles contenant 32
cune. Ce sera en tout environ 600 malades.
en outre qu'on se propose de donner 100 mètres cubes par
re, proportion supérieure à celle admise généralement, et
le réalisée dans la pratique.
onc d'évacuer par heure 60,000 mètres cubes d'air plus ou
provenant des salles et d'y refouler dans le même temps un
d'air nouveau.
rai pas compte dans mon calcul de l'influence de la ventila-
.
ai d'abord le diamètre de la cheminée d'évacuation de cha-
, de manière à ce que l'air vicié en soit expulsé avec une
,00 qui me paraît nécessaire pour que la ventilation ait une
ilité.
inée devant évacuer 10,000 mètres cubes par heure à la vi-
0, son diamètre sera de 1m.35, et sa hauteur de 8m.00 environ.
ler maintenant le diamètre de la partie inférieure d'une co-
oulement, j'adopterai 1m.00 seulement, comme vitesse de
ir nouveau par les poêles.
lonne devant fournir 2,500 mètres d'air nouveau par heure
de 1m.00, le diamètre de la partie inférieure dans laquelle
le jet moteur sera de 0m.95, correspondant à une section de

de la colonne dans la traversée de la salle du rez-de-chaus-
mq.47.

Dans la traversée de la salle du 1er étage la section sera réduite à 0mq.

L'ouverture libre de chaque poêle sera également de 0mq.24.

Quelle sera maintenant la force motrice nécessaire pour mettre l'air mouvement dans ces appareils ?

Elle dépendra évidemment du degré de pression de l'air moteur.

Or, rien ne s'oppose à ce qu'on emploie dans l'application dont il git de l'air comprimé à basse pression, comme au palais de l'Exposi universelle de 1867.

L'exagération des diamètres des conduites d'air comprimé pour seule faire obstacle à ce projet ; mais nous verrons plus loin que c exagération n'est pas à craindre.

Je supposerai donc que l'air moteur sera à la pression moyenn 0m.40 de hauteur d'eau.

Les résistances que l'air vicié éprouvera dans son passage par les duites et gaînes d'évacuation, ne seront guère plus grandes que c qu'on a constatées dans les galeries souterraines du Champ de M surtout si on augmente un peu la section des petits conduits prati dans l'épaisseur des murs longitudinaux.

Quant à celles que l'air nouveau éprouvera dans son passage pa colonnes de refoulement, elles seront évidemment moindres.

On peut donc admettre que, dans l'application projetée, les résista seraient comparables à celles admises pour l'application au palai Champs de Mars.

Le calcul de la force motrice peut donc être établi sur les mêmes b

Or, dans l'application du Champ de Mars, on a calculé sur une moy d'entraînement de 6,700 mètres cubes à la vitesse de 2m.00.

En partant de cette base, on trouvera que le nombre de chevaux cessaire pour l'extraction de 60,000mc d'air vicié par heure, sera de

$$\frac{60,000}{6,700} = \ldots\ldots \qquad 8^{c}.$$

Toutefois, pour tenir compte du volume de l'air comprimé qui pas compris dans la masse aspirée, et qui entre dans la masse ref pour $\frac{1}{20}$ environ, il convient de porter l'évaluation de cette première tie de la force motrice à...... 9c.

Quant à la force motrice nécessaire pour produire le refoulen à la vitesse de 1m, de 60,000mc d'air nouveau, y compris le volume de comprimé moteur, on doit la calculer sur le pied de $2 \times 6,700 = 13,$ par force de cheval.

Elle sera donc :

$$\frac{60,000}{13,400} = \ldots\ldots \qquad 4^{c}.$$

motrice totale pour la ventilation complète d'un hôpital de
aison de 100^{mc} par heure et par lit, serait donc :

9^{c}.40 + 4^{c}.50 = ... 13^{c}.90

rond :...... 14^{c}.00

e d'une locomobile ordinaire.
volume d'air comprimé, il sera au maximum :

= 3,000^{mc} pour l'aspiration;

= 1,500^{mc} pour le refoulement.

4,500^{mc} par heure.

ume total devant se partager en deux parties égales pour être
les pavillons, supposés disposés comme à Lariboisière, il suf-
er à chaque conduite de départ un diamètre de 0^{m}.45 à 0^{m}.50,
e les pertes de charge à des hauteurs d'eau insignifiantes.
lessieurs, le projet d'application à un grand hôpital que je
otre discussion éclairée.
econnaissez que je ne me suis pas trompé dans mes apprécia-
reconnaîtrez également, je l'espère, que les systèmes de ven-
loyés jusqu'à ce jour seraient impuissants pour produire un
t avec la force motrice de 14 chevaux, soit avec le combustible
sente.
quitter ce sujet si important de la ventilation des hôpitaux,
permettre de vous soumettre une dernière remarque.
z, Messieurs, que l'opinion publique s'est préoccupée, à tort
dans ces derniers temps, alors que le choléra régnait dans
nfluence que pouvait exercer sur les environs l'air vicié sor-
minées de ventilation.
tration de l'Assistance publique a même, à cette époque, em-
oyens pour désinfecter cet air vicié avant son expulsion dans
e.
onneur de faire remarquer à ce sujet, que le système de ven-
l'air comprimé permet de mettre en œuvre un moyen de dé-
ussi simple qu'efficace.
n effet, d'adapter à la base de la cheminée de ventilation une
alogue à celle du *chalumeau à air comprimé.*
ulure donnera immédiatement le moyen d'appeler une pro-
erminée d'air saturé d'un principe gazeux désinfectant, tel
e par exemple.
ge intime qui s'opérerait dans le trajet de la cheminée favo-
gulièrement la désinfection de l'air vicié.



3° APPLICATION AUX THÉATRES.

Que se passe-t-il aujourd'hui, dans nos salles de théâtre, au point de vue du renouvellement de l'air?

Le premier effet que chacun de nous a pu constater par lui-même, et qui n'est malheureusement que trop connu, c'est la rentrée de l'air nouveau par les portes.

Si de l'air nouveau rentre ainsi dans la salle, avec des vitesses assez grandes pour incommoder les spectateurs, c'est que l'air de la salle est lui-même aspiré vers l'extérieur par d'autres ouvertures et avec une certaine énergie.

On a constaté en effet, que dans les anciennes salles de théâtre, où rien n'a été prévu pour la ventilation, des quantités relativement considérables d'air étaient extraites par la seule action du lustre.

Dans une expérience faite le 25 février 1863, au théâtre de l'Opéra actuel, le volume d'air évacué par heure a atteint le chiffre moyen de 28,800 mètres cubes[1].

Cet air sort par une ouverture dont la section totale est de $4^{mq}.35$ et qui est pratiquée dans le plafond autour de la suspension du lustre.

Le 12 mars 1863, pendant un bal de nuit de la mi-carême, ce volume s'est élevé jusqu'à 33,000 mètres cubes.

En avril 1863, des expériences analogues ont constaté une évacuation d'air de 11,900 mètres cubes par heure au Théâtre-Italien.

Le lustre d'un théâtre est donc un véritable appareil de ventilation par appel, et même un appareil assez puissant.

La rentrée de l'air nouveau est nécessairement proportionnée à la sortie de l'air vicié et échauffé.

Il va sans dire que dans les anciennes salles, la totalité de l'air nouveau rentre nécessairement par les portes, quand le rideau est baissé; et principalement par la scène, quand le rideau est levé.

Tels sont, en résumé, les effets d'aération qui se produisent dans une ancienne salle de spectacle, c'est-à-dire dans la presque totalité de nos théâtres.

Cette aération est extrêmement gênante pour les spectateurs. Aussi la température atteint-elle souvent des proportions sénégaliennes.

On a cherché à parer à ces graves inconvénients dans la construction des trois nouveaux théâtres, Lyrique, du Châtelet et de la Gaîté.

Vous connaissez sans doute, messieurs, les installations spéciales de ces nouvelles salles. Je vous demanderai cependant la permission de les rappeler ici d'une manière sommaire, avant d'en discuter les effets.

1. *Études sur la ventilation*. 2e volume, page 290.

abord substitué au lustre un système d'éclairage placé au-des-
salle. La lumière passe ainsi à travers un plafond lumineux.
novation peut être un progrès au point de vue de l'éclairage; mais
e au point de vue de l'appel de l'air vicié et échauffé, elle doit
er un supplément de résistances.
, l'air vicié ne peut plus sortir librement par les rosaces et ou-
lu plafond, comme cela a lieu dans les salles éclairées par des
tendu que le plafond lumineux est complétement fermé.
est dirigé vers la coupole qui contient l'appareil d'éclairage, par
de gaînes verticales qui communiquent avec l'atmosphère de la
divers étages, par des grilles ouvertes dans les plafonds des
es salons qui y sont annexés.
is la couche inférieure d'air vicié provenant du parterre, de
et des baignoires est appelée dans deux cheminées de ventila-
les par une première série d'orifices disposés sous les siéges
stre et du parterre, et une seconde série d'orifices ouverts dans
r inférieur des baignoires.
x cheminées dont il s'agit constituent deux appareils supplé-
de ventilation par appel, qui reçoivent les tuyaux de fumée des
s et qui sont munis d'ailleurs de foyers à leur base.
ont les installations exécutées au Théâtre-Lyrique, pour l'éva-
l'air vicié.
ne n'est pas exempt d'une certaine complication qui nécessite
particuliers pour en assurer le fonctionnement normal.
'abord ne pas négliger d'allumer, en été surtout, les foyers des
ninées d'appel supplémentaire qui consomment 300 kilog. de
ar soirée, précaution qui, paraît-il, est souvent négligée.
nsuite que tout le système des gaînes de communication entre
la coupole d'éclairage d'une part, et d'autre part entre la salle
des deux cheminées de ventilation, soit entretenu en bon état,
registres dont sont munis les appareils soient manœuvrés avec
e, de manière à répartir aussi également que possible l'évacua-
ir vicié.
nfin que la coupole qui renferme l'appareil d'éclairage ne pré-
tres ouvertures que celles des gaînes aspirant l'air vicié de la

tte précaution, on comprend que de l'air autre que celui de la
t appelé dans cette coupole. Alors le volume d'air total qui
la lanterne qui surmonte le toit de l'édifice, ne représenterait
lume réellement évacué de la salle.
e maintenant aux installations relatives à la rentrée de l'air

je vais dire se rapporte au Théâtre-Lyrique.
ne les rentrées d'air nouveau ne puissent incommoder les spec-

tateurs, on a pratiqué sur tout le pourtour des balustrades des loges et balcons, à tous les étages et dans la partie inférieure de ces balustrades, des ouvertures par lesquelles l'air nouveau est introduit.

Ces ouvertures communiquent avec une capacité ménagée sous le plancher des loges et balcons qui présente ainsi un double fond. Cette capacité communique, à son tour, avec le soubassement du théâtre. Enfin le soubassement est mis lui-même en communication par une grande galerie avec un puits d'aérage établi dans le square de la tour Saint-Jacques.

Tel est le chemin ouvert à l'air extérieur et qui lui permet de pénétrer dans la salle.

Le principe de cette heureuse disposition qui met les spectateurs parfaitement à l'abri des rentrées de l'air extérieur est dû à Darcet.

Dans l'application qui en a été faite au Théâtre-Lyrique, on a eu soin d'établir deux calorifères dans le soubassement, et pour ainsi dire sur le chemin de l'air nouveau.

Cette installation complétée par des chambres de mélange permet de chauffer la salle par les mêmes canaux et orifices qui servent à sa ventilation.

Telles sont, en résumé, les installations faites au Théâtre-Lyrique, en vue de sa ventilation et de son chauffage.

M. le général Morin, qui en sa qualité de rapporteur d'une commission instituée *ad hoc* par M. le Préfet de la Seine, a pris une grande part à ces installations, va nous apprendre comment fonctionne ce système.

Quelques jours après l'ouverture du théâtre, le 9 décembre 1862, on a constaté une évacuation d'air total par la lanterne de 60,051 mètres cubes et une rentrée d'air par la galerie de la tour Saint-Jacques de. . . . . 30,850 mètres cubes.

C'est un effet de ventilation tout à fait semblable à celui qui se produit à l'hôpital de Lariboisière, pavillons des femmes, en ce sens que le volume d'air nouveau introduit n'est que la moitié environ du volume évacué. Le complément devait donc nécessairement rentrer dans la salle par les portes ou par la scène ; d'où l'on est en droit de conclure que l'un des termes du problème n'est pas résolu.

Mais il est important de remarquer de suite que l'expérience ci-dessus a été faite en hiver, par une température extérieure de + 8°, et alors que les calorifères étaient allumés.

Or, il est évident que l'action de ces calorifères a dû contribuer notablement à l'aspiration de l'air du puits d'aérage.

Ces calorifères, en effet, constituent un second appareil de ventilation par appel intercalé sur le chemin que l'air extérieur parcourt entre le puits d'aérage et la salle.

On peut donc pressentir d'avance que les 30,850 mètres cubes d'air rentrant, constatés le 9 décembre 1862, sont un maximum qui n'est pas atteint en été.

te l'ouvrage tant de fois cité de M. le général Morin va nous
er à ce sujet.
rable général a consacré une note spéciale C aux expériences
été entreprises, en mai 1863, sous sa propre direction, et en
n arrêté M. le Préfet de la Seine.
de ces expériences était d'avoir une appréciation des effets que
réellement obtenir des appareils établis, en les faisant fonc-
'une manière convenable.
général Morin se plaint vivement, dans cette note, de l'état
n dans lequel il a trouvé les appareils, après un fonctionne-
quelques mois seulement.
tate d'abord que par suite de négligences qu'il attribue à la di-
u théâtre, le volume d'air extrait de la salle était réduit à
par heure, au commencement de mai, volume fixé par le cahier
ges à 51,000^{mc}, et qui atteignait le chiffre de 60,000^{mc} le 9 dé-
récédent.
à la rentrée de l'air nouveau, par les ouvertures ménagées à cet
avait pour ainsi dire cessé de fonctionner, et le remplace-
'air vicié ne se faisait plus que par la scène, par les couloirs et
res ouvertures plus ou moins irrégulières, ce qui donnait lieu
rants d'air fort gênants.
avoir fait remettre les choses en état, M. le général Morin a
3, 24, 25, 26 et 30 mai, cinq expériences dont il a consigné les
dans un tableau, d'où j'extrais les données suivantes :

.	TEMPÉRATURE extérieure.	Volume d'air nouveau venant du square par heure.	Volume d'air vicié évacué par heure.	Consommation de charbon par soirée.	
				Calorifères.	Cheminées d'appel de l'orchestre.
	degrés.	m. cb.	m. cb.	k.	k.
365..	14.25	15,439	53,631	100	75
....	13.25	18,433	56,675	»	125
....	11.25	17,223	53,157	»	200
....	13.25	14,623	53,718	»	300
....	21.00	10,587	61,718	»	300
nnes.	....	15.261	55.780	»	»

lte de ce tableau que les ouvertures ménagées pour la rentrée
nouveau n'ont pas fourni en moyenne *le tiers* du volume d'air
Plus des deux tiers de ce volume rentraient donc par les portes
a scène.
rquons en outre, Messieurs, que le 30 mai, la température exté-
étant élevée à 21°, soit 7° de plus que le 26 mai, le volume d'air

nouveau venant du square n'a atteint qu'un *sixième* environ du volume évacué.

Cette indication donne une idée des effets de la ventilation d'été.

M. le général Morin, en la signalant lui-même, fait remarquer qu'il avait prévu cette diminution de la rentrée de l'air nouveau extérieur, au fur et à mesure de l'élévation de la température de cet air, et que pour remédier à cet inconvénient, il avait proposé, pour la saison d'été, l'ouverture de prises d'air plus directes.

Quoi qu'il en soit, nous voici suffisamment renseignés sur les effets de ventilation du Théâtre-Lyrique; et je vais les résumer en quelques mots, ainsi qu'il suit :

1° Pendant la saison d'hiver, le volume d'air nouveau extérieur qui rentre dans la salle, par les ouvertures ménagées à cet effet, est d'environ *moitié* du volume d'air vicié évacué par l'aspiration de l'appareil d'éclairage et des deux cheminées d'appel supplémentaires.

2° Au printemps, cette proportion tombe au-dessous du *tiers*.

3° Dans la saison d'été elle diminue jusqu'au *sixième*.

Il est donc bien établi que le problème de la ventilation n'a point été résolu d'une manière complète dans les installations de nos nouveaux théâtres.

Il ne le sera réellement que le jour où l'on parviendra à égaliser le volume évacué et le volume rentrant par les ouvertures ménagées à cet effet, de façon à annuler complétement les rentrées d'air par les portes, qui sont le principal inconvénient de nos salles de spectacle.

Il me reste maintenant à vous soumettre, Messieurs, une solution complète du problème, solution qui vous frappera par sa simplicité.

Je vais prendre pour exemple le Théâtre-Lyrique, puisque nous sommes maintenant familiarisés avec ses dispositions.

En ce qui concerne l'évacuation de l'air vicié, je ne changerais rien aux installations actuelles qui peuvent fournir une évacuation de 60,000^{mc} d'air par heure.

Je ne ferais intervenir l'entraînement de l'air comprimé que dans le cas où cette évacuation serait reconnue insuffisante.

Je ne changerais rien non plus aux dispositions prises pour la rentrée de l'air nouveau venant du puits d'aérage du square de la tour Saint-Jacques.

L'application du nouveau système se bornerait ici à l'installation d'un jet comprimé moteur dans l'axe de la galerie souterraine existante entre le puits d'aérage et le soubassement du théâtre.

Il est évident que cet air, qui aujourd'hui n'est entraîné que par l'action de la ventilation naturelle, et dans des proportions notoirement insuffisantes, sera ainsi forcé de pénétrer dans la salle, et cela dans une proportion que l'on pourra déterminer d'avance.

On sera donc certain de pouvoir refouler ainsi un volume égal et

un peu supérieur au volume d'air vicié évacué, *ce qui annulera ement les rentrées par les portes.*

me trouverez peut-être, Messieurs, trop affirmatif sur ce dernier qui est ici en définitive le nœud de la question.

permettez-moi de vous citer une expérience que nous avons faite rs fois, MM. Lehaître, Julienne et moi, dans une petite salle si- ns le jardin du n° 76 de la rue du Cherche-Midi, expérience qui répéter à volonté et que nous mettons à votre disposition. Cette nce va vous démontrer immédiatement : que lorsqu'on extrait alle un certain volume d'air et qu'on y refoule artificiellement un sensiblement égal, aucune rentrée d'air ne peut se produire dans alle, par des orifices autres que ceux par lesquels l'air nouveau duit.

tite salle dont je parle contient environ 13mc d'air.

t d'air comprimé fonctionnant dans une petite cheminée en zinc 2 de diamètre, y produit l'extraction.

lle est construite en planches. Tous les joints des portes et fenê- été calfeutrés avec beaucoup de soin.

d l'appareil d'extraction fonctionne, les portes et fenêtres étant ment closes, l'air extérieur rentre par deux ouvertures circu- e 0m.12 de diamètre chacune.

e de ces ouvertures, le n° I, on adapte une conduite en fer-blanc 2 de diamètre, et d'une dizaine de mètres de longueur dans l'axe lle on peut faire fonctionner à volonté un second jet d'air com-

installation élémentaire est une reproduction en petit de celle te au Théâtre-Lyrique. Le premier jet d'air comprimé remplace le l'appareil d'éclairage.

nduite en fer-blanc représente la prise d'air du square, et son ans la salle les ouvertures ménagées pour la rentrée de l'air ex-

le deuxième orifice circulaire représente une porte de loge ou-

d le premier jet fonctionne seul, on constate deux rentrées par la conduite et l'orifice n° 1; 2° par l'orifice n° 2.

emière est moins considérable que la seconde, en raison des ces que l'air éprouve dans son trajet par la conduite.

d on fait fonctionner simultanément les deux jets, de manière à es deux courants sortant et rentrant aient sensiblement la même la rentrée par l'orifice n° 2 est *annulée instantanément, et cela au la lumière d'une bougie n'y subit aucune déviation.*

e résultat très-net de cette expérience, laquelle a frappé toutes onnes qui en ont été témoins, qui m'autorise à affirmer ici, que es ne doivent pas se passer autrement dans une grande salle de

théâtre, où l'on sera parvenu à équilibrer l'aspiration et le refoulement.

Si l'aspiration domine le refoulement, on aura toujours plus ou moins l'inconvénient des rentrées d'air par les portes des loges.

Si, au contraire, le refoulement domine l'aspiration, il ne pourra s'établir par ces ouvertures qu'un courant dirigé du dedans au dehors, lequel sera sans inconvénient pour les spectateurs, ainsi que le démontre la sortie de l'air vicié des amphithéâtres du Conservatoire, qui n'incommode nullement les auditeurs.

Dans le problème de la ventilation d'une salle de théâtre, le terme dont l'importance domine est incontestablement la rentrée de l'air nouveau. L'extraction de l'air vicié ne vient qu'en seconde ligne.

Il importe, en effet, avant tout, que la salle soit largement approvisionnée d'air nouveau, frais en été et tiède en hiver.

Il n'est pas absolument nécessaire que la totalité de l'air nouveau introduit dans la salle, par les ouvertures ménagées à cet effet, passe par les gaînes d'évacuation.

L'excès de cet air peut être expulsé sans inconvénient, soit par les ouvertures des portes, soit par la scène.

J'ajouterai que le volume d'air refoulé, doit être calculé, non-seulement sur la base d'un renouvellement suffisant au point de vue hygiénique, mais encore en vue de combattre l'élévation de la température qui tend à se produire dans la salle.

Pour résoudre le problème ainsi posé, par application au Théâtre-Lyrique, il suffirait, comme je l'ai déjà dit, d'installer un jet d'air comprimé moteur dans la galerie souterraine qui met en communication le puits d'aérage et le soubassement du théâtre.

Quelle serait la force motrice nécessaire pour entretenir un jet moteur capable de refouler dans la salle 65,000 mètres cubes par heure?

Le calcul est bien facile.

La section de cette galerie est d'environ $9^{m.q}.00$, ce qui correspond à un diamètre de $3^{m}.40$.

La vitesse d'entraînement, dans cette galerie, correspondant au volume de 65,000 mètres cubes est, à peu de chose près, de $2^{m}.00$.

Si les résistances dues au refoulement étaient ici les mêmes qu'au palais du Champ de Mars, on pourrait calculer sur un entraînement de 6,700 mètres cubes par force de cheval du moteur, en admettant de l'air comprimé à la pression moyenne de $0^{m}.40$ d'eau.

Mais il est probable que les résistances seraient un peu plus grandes, et, pour cette raison, je réduirai le chiffre précédent à 6,500 mètres cubes.

La force du moteur serait donc d'environ 10 chevaux, pour produire un refoulement d'air de 65,000 mètres cubes, *indépendamment de la ventilation naturelle.*

ɜnant compte de cette action qui peut atteindre 30,000 mètres
en hiver, et qui descend en été à 10,000 mètres cubes et probable-
u-dessous, on peut admettre que la force moyenne à développer
moteur serait réduite à 8 chevaux environ.

alculant sur 10 chevaux, on voit que la dépense de charbon par
ne serait que de 25 kilogrammes, soit de 150 kilogrammes par
en tenant compte de l'allumage.

'est que la moitié de la consommation des deux cheminées de
tion supplémentaire du théâtre, qui appellent l'air vicié du par-
le l'orchestre et des baignoires, dans une proportion qui ne dé-
as 20,000 mètres cubes par heure[1].

mple rapprochement vous démontre que l'application du nouveau
e au Théâtre-Lyrique, choisi comme exemple, serait en tout cas
nique.

4° APPLICATION AUX NAVIRES.

'aperçois aujourd'hui, Messieurs, que j'ai agi dans la dernière
avec une certaine légèreté, en m'engageant à vous soumettre au-
ui des considérations relatives à l'application du nouveau système
ires.

us prierai de m'excuser si je ne remplis pas cette partie du pro-
e.

possède pas encore une somme de renseignements suffisante
order cette importante question, et pour la traiter devant vous
nanière convenable.

renseignements nous manquent, la conviction ne nous fait pas

croyons fermement, mes collaborateurs et moi, que le nouveau
, convenablement appliqué, est susceptible de rendre les plus
services à bord des bâtiments de la marine militaire et commer-
t surtout des navires à vapeur.

lerniers possèdent une force motrice considérable, sur laquelle
runt de 2 pour cent environ, au profit de la ventilation complète
re, passerait pour ainsi dire inaperçue.

comprimé, transportant lui-même sa propre force, serait amené
point quelconque de l'intérieur du bâtiment pour y provoquer
ıvellement de l'air.

nouveau serait pris au-dessus du pont et rentrerait par des man-
vent, sous la pression de l'air comprimé.

vicié, expulsé par la même force, serait dirigé vers la chemi-
navire laquelle jouerait ici le rôle de cheminée générale d'éva-
.

des sur la ventilation. 2e volume, page 355.

Je crois devoir me borner, quant à présent, à ces indications générales, me réservant, si vous voulez bien m'y autoriser, de vous soumettre plus tard une communication spéciale sur cette question.

5° APPLICATION A LA SOUFFLERIE DES FORGES.

Il ne s'agit pas ici, Messieurs, de remplacer les machines soufflantes des hauts-fourneaux. Notre prétention est beaucoup plus modeste. Elle se borne à la soufflerie des forges ordinaires.

Je vais prendre comme exemple les forges d'une usine importante que je supposerai alimentées, comme cela a lieu généralement, par le fonctionnement d'un ventilateur simple à force centrifuge.

Pour pouvoir établir une comparaison, au point de vue de la force motrice, avec cet appareil de soufflerie et celui que je me propose d'y substituer, je supposerai que la moyenne de la pression dans les carneaux porte-vent est de $0^{m}.10$ de hauteur d'eau, que le nombre des tuyères est de 50, et que le diamètre moyen de ces tuyères est de $0^{m}.07$.

Je ne tiendrai compte, dans mon calcul comparatif, ni de la perte de charge que l'air comprimé par le ventilateur doit éprouver, dans son trajet par les carneaux, entre la bouche du ventilateur et chaque tuyère, ni des fuites de ces carneaux.

Ceci posé, je vais d'abord calculer la force en chevaux-vapeur de la somme des 50 jets alimentés par le ventilateur à la pression de $0^{m}.10$ d'eau, qui correspond à une vitesse de sortie de 40 mètre par 1″.

La force motrice d'un jet d'air comprimé, d'un centimètre de diamètre, à la pression μ correspondante à la vitesse de sortie V, est donnée par la formule :

$$f = 0.0108 \times \mu V. \qquad (23)$$

Si dans cette formule nous faisons :

$$\mu = 0.01 \text{ ; et } V = 40,$$

nous aurons :

$$f = 0^{c}.00432.$$

La force totale de 50 jets de $0^{m}.07$ de diamètre sera donc :

$$F = 0.00432 \times 49 \times 50 = 10^{c}.58.$$

En admettant maintenant 22 °/₀ pour le rendement du ventilateur, on trouve pour la force motrice développée par le moteur :

$$F' = \frac{10.58}{0.22} = 48^{c}.10.$$

Ainsi donc, une force motrice de 50 chevaux environ, serait nécessaire

nenter, au moyen d'un ou plusieurs ventilateurs mécaniques, flerie de 50 tuyères de 0m.07 de diamètre, à la vitesse de 40m.00. maintenant l'installation que nécessiterait l'application de l'air né à cette soufflerie.

noteur serait employé à comprimer de l'air à la pression moyenne de hauteur d'eau, soit à la pression effective : $\mu = 0^{a}.09$;

air serait d'abord emmagasiné dans un récipient de quelques e capacité, afin de pouvoir régulariser la pression indépendam- nombre des tuyères fonctionnant à la fois;

r comprimé serait conduit du récipient aux tuyères par une ion en fonte ou en tuyaux Chameroy, dont les diamètres se- lculés de manière à réduire autant que possible les pertes de

branchements seraient pratiqués au droit de chaque forge et raient des jets moteurs installés dans l'axe et à la base de chaque rtant pavillon et présentant un diamètre intérieur de 0m.07;

ifice du jet serait obturé et réglé à volonté par un appareil à cône semblable à celui-ci.

lte de cette installation, que l'ouvrier pourra faire varier à vo- ergie du courant de la tuyère, et que ce courant présentera une pour ainsi dire absolue, si la pression est maintenue constante écipient.

système actuel, la vitesse maximum du courant de la tuyère e par la pression des carneaux porte-vent, et l'ouvrier ne peut er que le volume de ce courant, et non pas sa vitesse.

velle soufflerie présenterait donc des avantages pratiques incon- sur les souffleries actuelles.

maintenant calculer la force motrice nécessaire pour entretenir s moteurs fonctionnant simultanément, à la pression moyenne d'eau, et produisant dans chaque tuyère un courant de 40m.00 e.

ere étant un appareil simple, et la vitesse d'entraînement ne dé- as 40m.00, je puis appliquer ici, pour le calcul du diamètre du mule :

$$U = 404.4 \times \frac{d}{D} \times \sqrt{\mu}.$$

s cette formule je fais :

$$U = 40^{m}.00;$$
$$D = 0^{m}.07;$$
$$\text{et } \mu = 0^{a}.09;$$

j'obtiendrai, toutes réductions faites :

$$d = 0^{m}.023.$$

Ainsi il faudra ouvrir l'injecteur à cône, de manière à ce que l'orifice de sortie de l'air moteur soit équivalent à un cercle de $0^{m}.023$ de diamètre, pour obtenir dans la tuyère un courant de $40^{m}.00$ de vitesse par 1".

La force motrice en chevaux-vapeur des 50 jets, à la pression de $0^{a}.09$, correspondante à la vitesse de 116 mètres, sera donnée par l'expression :

$$F = 0.0108 \times 0.09 \times 116 \times 50 \times 5.29 = 29^{c}.82.$$

Nous pouvons admettre maintenant 60 % pour le rendement d'un jeu de pompes de compression, dans le genre des exhausteurs à gaz.

Ce qui nous donnera, pour la force développée par le moteur :

$$F' = \frac{29^{c}.82}{0.60} = 49^{c}.70.$$

Soit en nombre rond, 50 chevaux.

On voit donc que la force motrice serait à peu près la même dans les deux installations de soufflerie que je viens de comparer entre elles.

Mais les avantages pratiques de la soufflerie à air comprimé ressortent d'eux-mêmes. Je crois inutile d'insister davantage sur cette question.

J'ai terminé, Messieurs, et je crains d'avoir abusé de votre temps.

Permettez-moi de vous remercier de nouveau pour votre bienveillante attention.

[C]OMMUNICATION de M. Lehaître sur la Ventilation des mines au moyen de l'air comprimé.

[M. M]ondesir, dans la dernière séance de la société, vous a exposé [...] du système de ventilation par l'air comprimé et du principe [...]ement des fluides gazeux, il vous a expliqué le moyen qui sera [...]pour la ventilation du gigantesque bâtiment destiné à l'Exposi[tion univ]erselle de 1867, et il vient d'exposer celui qu'on pourrait em[ployer av]ec avantage, pour les salles de spectacles, les hôpitaux, les [...] pour les salles et appartements où la réunion d'un grand nom[bre de pe]rsonnes exige un renouvellement de l'air, soit pour rendre à peu [près cons]tante la température, soit pour fournir aux spectateurs aux ma[lades...], un volume d'air ou d'oxygène suffisant pour que la respiration [puisse se] faire dans de bonnes conditions hygiéniques.

[Pour co]ntinuer l'exposé général de la ventilation par l'air comprimé, [j'ai cru avo]ir l'honneur de vous parler d'une manière succincte des moyens [...]r les mines.

[Les mi]nes ont surtout besoin d'une ventilation très-active, car en ou[tre de l'ai]r vicié produit par la respiration des ouvriers, il y a encore un [grand no]mbre de causes qui permettent le dégagement de miasmes et de [gaz délét]ères, ce qui rend l'air des mines, non-seulement irrespirable en [peu] de temps, mais encore dangereux, à cause des inflammations [qui peuve]nt résulter de quelques-uns de ces gaz.

[Toutes] les mines ne sont pas dans les mêmes conditions : les gaz qui se [dégagent] dans les galeries, provenant en grande partie des minerais ex[traits, son]t de différentes natures, mais on peut dire qu'ils sont tous délé[tères, soi]t par eux-mêmes, soit par l'altération qu'ils font subir à l'air [e]n diminuant dans le volume de cet air la quantité d'oxygène [nécessaire] aux organes respiratoires. Il faudrait donc, pour expliquer [complète]ment le système de la ventilation des mines, examiner toutes [les exploitat]ions que l'on fait dans les travaux souterrains et indiquer pour [chaque ca]s particulier un moyen spécial de ventilation.

[Ce trav]ail entraînerait dans de trop longs développements, mais [comme le] principe même de la ventilation serait le même, nous pensons [qu'il conv]ient de se borner à l'exposition du système pour les mines de [houille e]t principalement pour celles dites *à grisou*, c'est-à-dire pour [celles qui] dégagent des gaz combustibles et qui sont sujettes, par suite, [aux déto]nations causant de si grands malheurs aux ouvriers employés [dans ces m]ines et de si grandes pertes aux propriétaires.

DES CAUSES DE L'ALTÉRATION DE L'AIR DANS LES GALERIES DES MINES.

Dans ces mines, les causes qui altèrent très-promptement l'air respirable et qui changent la composition de cet air sont nombreuses, mais les principales sont :

1° La respiration et la transpiration des ouvriers, qui versent dans l'air des galeries de l'acide carbonique, de l'azote et de la vapeur d'eau.

2° La combustion des lampes, dont les ouvriers sont obligés de se servir, ce qui augmente le volume d'acide carbonique, de l'azote et de la vapeur d'eau.

3° La respiration des animaux qui servent au transport des matériaux extraits, nouveau dégagement d'acide carbonique, d'azote et de vapeur d'eau.

4° La décomposition et la fermentation des matières fécales et animales, qui produit des miasmes dangereux et des gaz délétères comme le sulfite-hydrique.

5° La combustion lente de la houille, du bois servant aux blindages, et la décomposition des pyrites, donnent lieu également à un développement d'acide carbonique et produisent un dégagement de gaz combustibles, dont les principaux sont l'hydrogène, l'hydrogène proto-carboné, l'hydrogène bicarboné et l'oxide de carbone.

Quelques mines, mais heureusement en très-petit nombre, dégagent en outre naturellement de l'acide sulfureux et du sulfide-hydrique.

La chaleur naturelle du sol, celle produite par le séjour des hommes et des animaux et aussi la nécessité d'avoir un grand nombre de lampes allumées, augmente la température de l'air des galeries des mines. On conçoit donc, bien facilement, que toutes ces causes réunies doivent rendre l'air des galeries irrespirable en très-peu de temps; aussi il est nécessaire et indispensable pour une bonne exploitation, de renouveler souvent cet air, afin que les ouvriers puissent se trouver dans des conditions hygiéniques qui leur permettent de travailler, tout en se trouvant dans un milieu sujet à de si grandes variations de composition.

Il est facile de calculer la quantité d'air qu'il faudrait fournir dans les galeries pour renouveler l'air vicié par la respiration des ouvriers, par les lampes et par la respiration des animaux employés dans les mines, mais il n'en est point de même pour la combustion lente des minerais, des pyrites et des bois, car cette combustion est plus ou moins active suivant que la température de la mine est plus ou moins élevée, qu'il y a dans les galeries une plus ou moins grande quantité de vapeur d'eau, qui facilite la décomposition, et aussi parce que le dégagement des gaz combustibles se produit en plus ou moins grande quantité, suivant la natu

uille de la mine et même, sur certains points seulement de cette
ivant le degré de décomposition du charbon.

it, par ce que l'on vient de dire, combien il est difficile de calcu-
lume de l'air à envoyer dans les galeries des mines, pour que la
on soit complète, pour que l'air de ces galeries soit toujours res-

les gaz qui se forment dans les galeries des mines et qui altèrent
osition de l'air, ont des densités très-différentes. Quelques-uns
arbonique, l'acide sulfureux, l'acide sulfhydrique dont les den-
rapport à l'air sont de 1,53, 2,24 et 1,19 restent dans la partie
e des galeries, tandis que le gaz hydrogène protocarboné, hy-
, hydrogène bicarboné et oxyde de carbone, dont les densités
), 0,97, 0,07 et 0,96 se placent dans les parties supérieures des

les gaz de la première catégorie, c'est-à-dire tous ceux qui ont
sité plus grande que celle de l'air et qui ont, par suite, une ten-
rester dans les parties inférieures des galeries, sont tous délé-
eux-mêmes; ils agissent sur l'économie animale comme des poi-
leur action toxique est très-considérable, si l'air en renferme de
100. Dans un milieu où l'air renferme de 6 à 10 p. 100 d'acide
que les lumières s'éteignent et la respiration de l'homme est im-
.

es gaz plus lourds que l'air, et qui se déposent par suite dans les
nférieures des galeries, ne sont point combustibles, à l'excep-
tefois, de l'acide sulfhydrique qui est détonant. Mais heureu-
l se trouve toujours en très-petites quantités dans les mines, il
délétère par lui-même, son odeur si désagréable le fait facile-
connaître : on peut facilement, par suite, prendre des précau-
éciales pour éviter ses effets, sur les points où l'on apercevrait
gement.

z plus légers que l'air sont tous combustibles, et par suite plus
s détonants, c'est-à-dire qu'ils ont la propriété de s'enflammer
ct d'une flamme, d'une étincelle électrique, en produisant une
on semblable à celle de la poudre. Cette inflammation des gaz
ibles ne peut cependant se faire si l'air n'est point mélangé
certaine proportion avec ces gaz, c'est-à-dire si l'oxygène de
ne vient point former leur combustion : aussi l'on remarque
lamme s'éteint presque subitement, lorsqu'elle est plongée dans
gaz combustibles.

z qui se forment dans les mines de charbon et qui sont, comme

que la respiration des ouvriers puisse s'opérer sans difficulté et sans danger pour
Il faut que l'air ne renferme point au delà de 0,25 à 0,30 p. 100 d'acide car-
'est-à-dire de $2\frac{1}{2}$ à 3 pour 1000.

nous l'avons dit l'hydrogène, l'hydrogène protocarboné, l'hydrogène bicarboné et l'oxyde de carbone, exigent donc pour produire des détonations, leur mélange avec une certaine quantité d'air, pouvant fournir l'oxygène indispensable pour la formation des combinaisons nouvelles de gaz.

Les gaz combustibles qui se trouvent dans les mines sont donc tous détonants lorsqu'ils sont en communication avec l'air, mais il y a des limites supérieures et inférieures de mélange, où la détonation ne peut s'effectuer, soit que l'air ne renferme point une assez grande quantité de gaz combustible, soit que l'oxygène de cet air et par suite son volume, ne soit point en assez grande quantité pour produire la combustion.

D'après les expériences si remarquables de Davy, Dumas, Bischoff, et autres chimistes, rapportées dans un ouvrage de M. Hamal sur l'aération des mines, les limites extrêmes d'inflammation des gaz combustibles des mines sont, pour le gaz le plus inflammable, de 1/6 de gaz pour la limite supérieure et 1/14 pour la limite inférieure.

Les produits de la combustion des gaz des mines en présence de l'air sont différents pour chacun de ces gaz.

Pour l'hydrogène bicarboné, la combinaison produite est de la vapeur d'eau, de l'acide carbonique et de l'azote.

Pour l'hydrogène protocarboné, les produits de la déflagration sont les mêmes, mais dans des proportions différentes.

Pour l'hydrogène, la combinaison produite est de la vapeur d'eau et de l'azote.

Enfin pour l'oxyde de carbone, les produits formés sont acide carbonique et azote.

On remarquera que les gaz produits par la combustion sont tous délétères et ont des actions très-toxiques sur l'économie animale.

Lors de l'inflammation d'un de ces gaz ou de plusieurs gaz combustibles mêlés ensemble, la chaleur développée est immense, elle s'élève entre 2000 et 2800 degrés, et elle produit une dilatation de 8 à 10 fois le volume primitif.

On conçoit donc combien doit être terrible une détonation dans les mines, puisque si les ouvriers n'ont point été atteints par la flamme, c'est-à-dire s'ils n'ont point péri immédiatement par l'excès de chaleur développée, ils se trouvent lancés à de grandes distances dans les galeries par le courant immense produit par l'augmentation du volume de l'air, puis ensuite ils sont tirés avec force, en sens contraire, par le contre-courant qui se forme, lorsque l'air reprend sa température normale, sur le point où l'explosion s'est faite.

Ces détonations exposent donc la vie des malheureux mineurs, mais elles ont encore beaucoup d'autres inconvénients, en détruisant une partie des blindages par le choc qu'elles produisent, et en occasionnant des éboulements dans les galeries, de sorte que les ouvriers qui ont pu échap-

atteintes des flammes et du choc de l'air, se trouvent isolés quel-
entre deux éboulements et ils sont souvent condamnés à périr
yxie, malgré l'activité qu'on déploie pour les sortir de leur tom-

oulements et surtout les ébranlements produits par les détona-
viennent pour les propriétaires de mines des causes d'énormes
, parce qu'ils sont obligés de faire faire des travaux confortatifs
onner aux galeries la solidité convenable.

es gaz combustibles dégagés dans les mines, à l'exception ce-
de l'oxyde de carbone, qui est heureusement peu abondant, ne
nt délétères par eux-mêmes, c'est-à-dire qu'ils ne produisent
effets toxiques des gaz plus lourds que l'air; ils rendent l'air
spirable, parce qu'ils diminuent la quantité d'oxygène, et l'effet
mélange dans l'air est à peu près celui produit par une diminu-
ression au fur et à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère.
priété des gaz combustibles les rend plus dangereux parce que
ers ne s'aperçoivent point de suite de leur présence dans les ga-
s'ils n'ont point le soin d'examiner la flamme de leur lampe de
ui s'allonge au fur et à mesure que l'air se sature de ces gaz, ils
se trouver enveloppés, sans s'en douter, de mélanges détonants
ent faire explosion, par une étincelle sortant des lampes, ou
r le choc d'un outil d'acier sur un corps dur.

es gaz combustibles, ainsi que nous venons de le dire, sont plus
e l'air : ils se logent naturellement dans les parties supérieures
ies, dans les joints des blindages, entre les chapeaux des fermes
alement dans les poches ou anfractuosités qui existent dans les
supérieurs des galeries; il est donc souvent difficile de les
e ces réduits. Ils se trouvent aussi dans les joints et fissures des
houille, avec de très-fortes pressions et lorsque les mineurs
t abattent des masses de houille, ils se dégagent dans les
en assez grande abondance, surtout dans les houilles pulvé-
t dans celles qui ont de nombreuses fissures.

s gaz qui se forment dans les mines, comme tous les gaz en
qu'ils soient plus lourds ou moins lourds que l'air, jouissent
priété connue sous le nom de *diffusion*, c'est-à-dire qu'ils ont
nce à se mélanger avec l'air ambiant, lorsque cet air est agité ;
omprend que la diffusion est d'autant plus active que la densité
e rapproche davantage de celle de l'air. Lorsque le mélange
, il est souvent fort difficile de séparer les corps gazeux, et ce
vec un calme parfait et un temps assez long que la séparation
érer.

ropriété de la diffusion des gaz, tout à fait analogue à celle des
des liquides, est d'un grand avantage pour obtenir, dans les
des mines, le mélange des gaz avec l'air de ces galeries, parce

qu'en renouvelant cet air on peut enlever ainsi tous les gaz dangereux; mais pour quelques gaz, comme l'hydrogène et l'hydrogène protocarboné, dont les densités sont si inférieures à celles de l'air, la diffusion est peu considérable, et l'on a remarqué dans un grand nombre de mines à *grisou*, que le dégagement du gaz hydrogène protocarboné (entrant, on le sait, pour la plus grande partie dans le grisou), n'opère point sa diffusion, ou l'opère avec beaucoup de difficulté, si le courant général de l'air de la galerie est contraire à celui que tend à suivre le gaz au moment de son dégagement.

CALCUL APPROXIMATIF DU VOLUME D'AIR A INTRODUIRE DANS UNE GALERIE DE MINE ET DANS UN CHANTIER DE 100 MINEURS.

Maintenant que nous avons, d'une manière succincte, expliqué les diverses causes qui rendent l'air des galeries des mines de houille irrespirable pour les ouvriers, dangereux par les explosions occasionnées par les gaz produits, nous allons chercher quel est le volume d'air qu'il serait nécessaire de fournir aux galeries, et comment on devrait procéder pour obtenir la diffusion des gaz et accélérer leur sortie de la mine. Ce calcul, comme nous l'avons déjà dit, ne peut être que très-approximatif, parce qu'il n'est point le même pour toutes les mines; aussi nous croyons nécessaire, pour obtenir une aération convenable, d'augmenter dans une énorme proportion la quantité d'air à fournir, de manière à acquérir la certitude que cette masse d'air soit toujours de beaucoup supérieure à celle indispensable pour obtenir des mélanges non délétères.

Nous prendrons pour exemple une mine occupant, dans l'un de ses étages, un nombre de 100 ouvriers.

Ces 100 ouvriers, pour leur propre respiration, exigeront un volume d'air de 12 mètres chacun (ce chiffre a été reconnu indispensable pour des ouvriers, parce qu'ils ont besoin d'une plus grande quantité d'air pendant le travail qu'à l'état de repos). Le volume de l'air à renouveler, pour la respiration des ouvriers, est donc par heure de. . 1,200^mc

La quantité d'air vicié par les lampes est, d'après des expériences nombreuses, de 7 mètres cubes par heure, et comme les mineurs ont chacun une lampe, qu'il y a en outre des lampes . - suspendues dans les galeries, on peut estimer à 120 le nombre des lampes allumées, exigeant un volume d'air de. 840

Un atelier de mineurs, de l'importance de celui que nous considérons, exige au moins 6 chevaux consommant ou détériorant chacun de 25 à 30 cubes d'air par heure, ce qui nécessitera encore un cube de. 180

Il faudra encore, pour cet atelier de 100 hommes, environ

A reporter. 2,220

Report. 2,220

s cubes d'air par homme et 15 mètres cubes par cheval
lever les miasmes et les produits de la décomposition des
s excrémentielles qui restent forcément dans la mine,
r cet article un cube par heure de. 590

2,810^{mc}

lume d'air à renouveler, pour les causes de viciation que nous
d'énumérer, est donc de 2,810 mètres cubes par heure ou de
ar seconde. Dans ce cas, la quantité d'acide carbonique peut être
ue entre 2 à 2 1/2 pour mille, c'est-à-dire ne peut avoir d'in-
fâcheuse sous le rapport hygiénique.

es gaz produits par la mine elle-même, le volume varie beau-
une mine à l'autre, comme nous l'avons déjà dit; mais dans une
ine le volume est à peu près proportionnel à la surface déve-
es galeries; aussi plus ces galeries ont de grandes longueurs et
olume de ces gaz est considérable. D'après un très-grand nombre
ations faites dans les mines de *charbon à grisou*, on a reconnu
it nécessaire, pour bien aérer les galeries, que le volume d'air
fût compris entre une fois le volume nécessaire à la respiration
iers et quatre fois ce même volume, c'est-à-dire que suivant la
u combustible de la mine, il était nécessaire pour obtenir l'en-
nt des gaz formés naturellement, de donner de 2,800 à 11,200
ubes d'air pur par heure, soit de $0^m,78$ à $3^m,12$ par seconde.

at donc supposer que pour bien aérer un atelier de 100 ouvriers
il faudra introduire et faire circuler dans toutes les galeries de
mètres cubes d'air pur par seconde, et comme il vaut mieux
dans ce cas par excès de prudence, nous pensons que c'est ce
e 4 mètres qu'on doit prendre pour base.

royons que les calculs qui précèdent donnent un volume d'air
suffisant dans la plupart des cas; mais dans des mines excep-
s dégageant une très-grande quantité de gaz, on pourra aug-
e volume. Nous ne prenons donc ce volume d'air de 4 mètres que
base pour établir la comparaison entre les divers systèmes de
on.

MOYENS ACTUELLEMENT EMPLOYÉS POUR LA VENTILATION DES GALERIES DE MINES.

érer les galeries des mines, on emploie actuellement un grand
le moyens; mais ils peuvent se classer en trois systèmes généraux
allons décrire succinctement :

mier est celui de la ventilation naturelle, aidée au besoin par
de chaleur;

xième, celui de la ventilation par insufflation;

sième, celui de la ventilation par aspiration.



Dans toutes les mines, il y a au moins deux puits pour atteindre les couches de minerai à extraire : par l'un de ces puits on fait sortir les produits extraits et l'on introduit aussi les matériaux nécessaires à l'exploitation de la mine, comme bois pour les blindages, etc. Dans le second, on dispose les moyens d'introduction dans la mine des ouvriers et leur sortie, soit en posant des échelles, des escaliers, soit encore à l'aide de procédés mécaniques, mus par des chevaux ou par une machine à vapeur. Beaucoup de mines ont en outre d'autres puits servant à l'épuisement des eaux, ou à l'extraction des produits.

Comme la température de l'air des galeries est toujours plus considérable que celle de l'air extérieur, il se forme un courant ascendant dans l'un des puits, courant que l'on favorise en chauffant l'air de ce puits : l'air des galeries tend à se diriger naturellement vers ce point de sortie, il est renouvelé par l'air qui s'introduit par les autres puits et l'on aperçoit un courant d'air dans les galeries. Cette ventilation est peu active, surtout en été, où la différence de température entre l'air des galeries et l'air extérieur est peu considérable ; pour l'obtenir énergique, il faudrait chauffer beaucoup l'air du puits d'évacuation, ce qui rendrait son service impossible. Ce moyen de ventilation naturelle, aidé par la chaleur, a été reconnu insuffisant pour la plupart des mines, et il n'est employé seul que dans un petit nombre de cas.

La ventilation par insufflation se fait par des ventilateurs mécaniques, à force centrifuge ou à hélice, ou par des trompes lorsqu'on rencontre un cours d'eau près de l'orifice du puits. L'air est envoyé par le puits d'extraction dans les galeries, il suit ces galeries pour arriver dans les chantiers, puis il ressort par le puits destiné à la rentrée des ouvriers. Comme on peut disposer d'une force assez considérable sur le point où est installé le ventilateur, on peut, par ce moyen, envoyer dans les galeries la quantité d'air nécessaire à une bonne aération; car il suffit, pour augmenter la vitesse du courant dans les galeries, et par suite le volume d'air insufflé, d'employer une force plus considérable en imprimant aux ventilateurs une vitesse de rotation plus grande, ou bien encore en augmentant le diamètre de ces ventilateurs.

Le troisième moyen de ventilation consiste à installer sur le puits de sortie de l'air des galeries des pompes d'aspiration, ou des ventilateurs aspirant l'air du puits. Dans ce cas, la dépression produite dans le puits attire l'air des galeries, il se forme un courant correspondant au degré de dépression produit dans le puits, et l'air des galeries renouvelé par les autres puits de la mine est rejeté dans l'atmosphère.

Ces trois systèmes ont donc l'avantage de renouveler l'air des mines, mais nous pensons qu'ils ne remplissent pas complétement le but qu'on se propose, et notre opinion à cet égard est malheureusement confirmée trop souvent par les catastrophes funestes qui arrivent dans les mines et qui se terminent par tant de morts ou de blessés.

t pas, en effet, de renouveler l'air respirable des mines; il expulser des galeries les gaz délétères et les gaz combusti- duisent les détonations, et comme ces gaz, suivant leur den- nt dans les parties supérieures ou inférieures des galeries, il re, pour opérer leur diffusion, d'avoir ûn courant très-actif eries, ce qui exigerait une masse d'air considérable et de beau- eure à celle nécessaire pour le renouvellement de l'air. Les mines ont des sections bien différentes, elles varient entre ètres carrés : pour opérer un renouvellement complet de l'air ner 4 mètres cubes par seconde, comme nous l'avons indi- nt, il suffit d'obtenir une vitesse de 1^m,60 à 0^m,60 par seconde, très-faible. Cette vitesse est insuffisante pour produire la dif- ous les gaz qui se trouvent dans les plafonds supérieurs et es galeries, d'autant plus qu'ils sont retenus en grande partie, s l'avons déjà dit, par les saillies des bois formant les blin-

re une autre cause (et elle est majeure) qui isole la masse des ant formé dans les galeries. On sait, en effet, que les galeries ours l'inclinaison si variable des couches à exploiter, et que s de ces couches sont loin d'être uniformes; il en résulte que gitudinal des galeries est tourmenté, qu'il présente des par- s et des parties convexes, comme le représente la figure, page exagéré, ainsi que cela se fait ordinairement, l'échelle des ur cette coupe d'une galerie, nous avons indiqué la forme courant d'air : cette forme ne peut guère varier, car l'air, les fluides en général, tend à suivre dans sa marche une , et ce n'est qu'en rencontrant un obstacle qu'il opère une ns sa direction. On remarquera dans ce profil que sur cer- et toujours dans les parties où la galerie présente un sou- un abaissement, la colonne d'air subit une diminution de points E E E, et par suite sur ces points la vitesse doit être pour obtenir le même débit; du reste cette observation a été r les personnes qui fréquentent les galeries de mines : elles ur certains points des courants qu'elles n'avaient point remar- utres. Cela tient d'une part, comme nous venons de le dire, ce de hauteur de la colonne d'air et aussi à des étrangle- aleries qui sont loin, comme on le sait, de présenter sur tout rs des largeurs uniformes.

s indiqué par cette figure, et c'est, je crois, le plus général, il ns le plafond inférieur des parties indiquées par les lettres hées en noir) qui ne reçoivent point l'effet du courant, et parties sont, par leur disposition même, celles où les gaz dé s lourds que l'air, doivent se déposer, il en résulte que la a point lieu ou s'opère avec beaucoup de difficulté dans les

concavités BB un peu considérables, tandis que cette diffusion peut s'obtenir dans les concavités AA moins profondes.

Le même phénomène se présente dans les parties supérieures des galeries pour les gaz plus légers que l'air; il se forme des espaces CC et DD hachés qui se trouvent en dehors du courant, ce qui empêche la diffusion de ces gaz pour les concavités considérables DD, tandis que celles CC peuvent être vidées par le principe d'entraînement.

Ainsi que nous l'avons déja dit, il y a encore d'autres causes qui empêchent la diffusion de ces gaz : d'une part, ce sont les chapeaux qui soutiennent les blindages, en formant entre eux des espaces à l'abri des courants, et d'autre part ce sont les éboulements assez nombreux qui ont lieu dans les plafonds supérieurs des galeries. Ces éboulements forment des poches, comme celle indiquée en H sur le profil n° 1. Ces excavations se remplissent de gaz, et le courant d'air de la galerie est dans l'impossibilité de les vider parce que l'action de la diffusion est trop éloignée.

Pour remédier à ces graves inconvénients, on place bien de distance en distance, sur les points où il y a des poches, des cloisons mobiles, comme celle indiquée par RS sur le profil n° 1, de manière que le courant d'air est obligé de lécher la partie supérieure de la galerie, mais ces cloisons ont un grand nombre d'inconvénients. D'abord elles gênent la circulation dans les galeries, et par suite les ouvriers ne les placent que lorsqu'ils ne peuvent faire autrement et souvent lorsque l'air supérieur est déja inflammable ; puis elles gênent beaucoup la circulation de l'air en lui présentant des obstacles, de sorte que la vitesse de cet air est ralentie dans les galeries.

Il résulte de ces effets physiques que, sur certains points inférieurs des galeries, les gaz délétères ne sont point entraînés et que dans les plafonds supérieurs et dans les poches, il reste encore une grande quantité de gaz combustibles qui, à un moment donné, par une cause accidentelle produite souvent par l'imprudence proverbiale des ouvriers, font des explosions.

On pourrait bien, par une ventilation plus active, c'est-à-dire en produisant dans les galeries une vitesse plus grande, augmenter beaucoup la diffusion et opérer le mélange d'une plus grande quantité de gaz avec l'air des galeries ; mais dans ce cas il faudrait employer une force beaucoup plus grande, car l'on sait que la force nécessaire est proportionnelle au carré des vitesses. Je crois, en outre, qu'on ne pourrait arriver à un mélange complet des gaz combustibles, parce qu'ils ont, par leur densité, très-peu de tendance à se mêler avec l'air, et puis aussi parce qu'ils se logent dans des cavités trop isolées du courant.

Nous ne parlerons point des résistances nombreuses que l'air éprouve pour circuler dans les galeries par suite des aspérités des parois, des étranglements et des coudes brusques que les galeries forment entre elles, et l'on sait combien ces coudes sont nombreux dans une mine exploitée

es, présentant une très-grande longueur sur une petite surface. ır que l'aérage des galeries soit complet, il faut presque tou- r des portes pour fermer les issues directes et pour forcer l'air toutes les sinuosités des galeries, soit en projection horizontale, ojection verticale; ces causes de diminution de la vitesse du 'air sont les mêmes dans tous les cas, et doivent être combattues cédant de puissance des ventilateurs et, par suite, par une le consommation de houille.

rons seulement remarquer que dans le cas d'accident, si des its viennent à isoler les chantiers des puits d'aérage, les ou- livrés à une mort certaine par asphyxie, si l'on ne peut enlever it ces éboulements et pénétrer jusqu'à eux avant qu'ils aient é et rendu irrespirable le petit volume de l'air de leur prison, it presque dire de leur tombeau.

ENTILATION PAR L'AIR COMPRIMÉ. Pour remédier aux inconvé- nous venons de signaler d'une manière générale et pour s efficace et plus complète la ventilation des mines, nous avons on que l'emploi du système de la ventilation par l'air com- t être employé avec beaucoup d'avantage. Nous allons indi- spositions générales qu'il conviendrait d'adopter pour l'emploi ème, et aussi faire ressortir les avantages qu'on pourrait en

iits d'aérage sont nécessaires, comme dans les autres systèmes ion : l'un pour la rentrée de l'air pur, l'autre pour la sortie de et des gaz qui se forment dans les galeries. Un tube en fer d'un ariable, selon l'importance de la mine, partirait du sommet ù se ferait la rentrée de l'air, descendrait jusqu'au niveau des ventiler, suivrait le cours des galeries principales, irait jus- antiers de travail des ouvriers, puis il reviendrait ensuite par s qui conduisent aux puits de sortie de l'air et se terminerait à périeur de ce puits. Sur ce tube principal viendraient s'embran- res tubes, de diamètres plus petits, qui suivraient les galeries s, de manière que le réseau des galeries puisse recevoir, sur oints, un jet d'air comprimé.

d'une partie de la force de la machine à vapeur placée près du ntrée de l'air et d'une pompe de compression, on refoulerait omprimé dans toute la longueur de ces tubes, à une pression culera suivant l'importance de la mine, et par suite suivant la d'air comprimé qu'on devrait employer pour maintenir à peu tante la pression dans toute la longueur de la conduite.

puits d'entrée de l'air, à l'aide d'une tubulure sur le tube de le l'air comprimé, on dirigera un jet moteur dans le sens de la ir. Par suite du principe d'entraînement, l'air extérieur se pré-

cipitera dans le puits, et l'on obtiendra ainsi une rentrée d'air pur d'un volume déterminé, puisque, ainsi que cela vous a été expliqué par M. de Mondesir dans la dernière séance, il suffit de faire varier la pression où le diamètre de sortie de l'air pour produire une vitesse déterminée suivant le diamètre du puits.

Remarquons tout d'abord que ce premier jet remplace les ventilateurs mécaniques, et que probablement, avec une force moindre, on obtiendra les mêmes résultats qu'avec les ventilateurs les mieux établis.

Comme l'air dans sa marche éprouve des résistances par le frottement sur les parois, et que dans les galeries ces résistances sont fort grandes par suite des aspérités, des coudes et aussi par les objets encombrants dont elles sont si souvent embarrassées, on peut, suivant l'état de ces galeries, compenser ces frottements par de petits jets supplémentaires d'air comprimé, établis de distance en distance et principalement sur les points où il y a des étranglements dans les galeries et sur ceux où ces galeries forment des coudes très-brusques. Ces jets supplémentaires peuvent être considérés comme des renforts, et l'on pourra avec leur aide maintenir un vitesse constante dans toute la longueur des galeries. Ce résultat immense ne peut être obtenu par le système de ventilateurs mécaniques, puisqu'aucune force supplémentaire, aucun renfort, ne peut venir compenser la perte de charge si grande due aux frottements.

L'établissement de ces jets supplémentaires sera facile, puisqu'il suffira de poser des tubulures sur les tubes de conduite de l'air comprimé pour en faire sortir un jét qu'on pourra calculer suivant les besoins, et qui d'ailleurs sera toujours très-peu considérable.

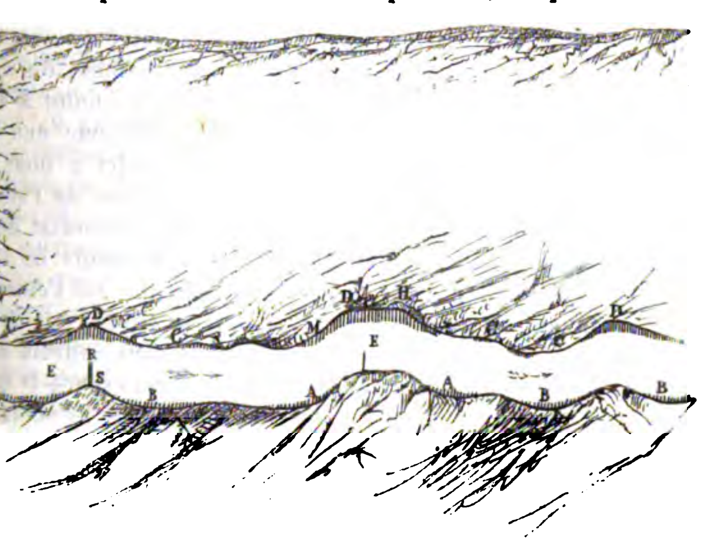
Un échappement d'air comprimé serait également établi près des chantiers d'abattage, afin de maintenir sur ce point le courant d'air très actif, et aussi pour produire un mélange complet de l'air entraîné avec les gaz développés, dans cette partie, en plus grande abondance que sur les autres.

Un ou plusieurs jets supplémentaires d'air comprimé seraient aussi établis dans la galerie qui conduit au puits de sortie de l'air; enfin un dernier jet serait lancé dans le puits de sortie de l'air et dans le sens de cette sortie, afin de faciliter l'évacuation de l'air des galeries et des gaz qui se seront mélangés avec lui, soit par le principe de l'entraînement, soit par celui de la diffusion.

On remarquera que ce mode de ventilation se trouve complétement dans le même sens que la ventilation naturelle produite par la différence des températures de l'air des galeries et de l'air extérieur, et qu'il facilite cette ventilation naturelle : on remarquera également que ce nouveau système a les avantages du mode d'insufflation et du mode d'aspiration; aussi nous avons la conviction qu'il doit être très-énergique et que la ventilation doit être complète.

Dans la description générale que nous avons faite précédemment de

nployés pour les galeries de mines, nous avons fait remarquer
délétères et les gaz combustibles, suivant leur densité, se lo-
es concavités produites par le profil des galeries, et dans les
mées soit par les éboulements des plafonds, soit par les vides



is des blindages ; dans la figure ci-dessus, nous indiquons la
able du courant de ventilation, qui laisse en dehors de son
ivités B remplies de gaz délétères, et celles D D contenant des
tibles pouvant produire des détonations. Avec l'emploi du
nous proposons, le mélange des gaz de ces cavités avec l'air
peut être facilement opéré.

gure suivante nous avons pris le même profil que celui de la

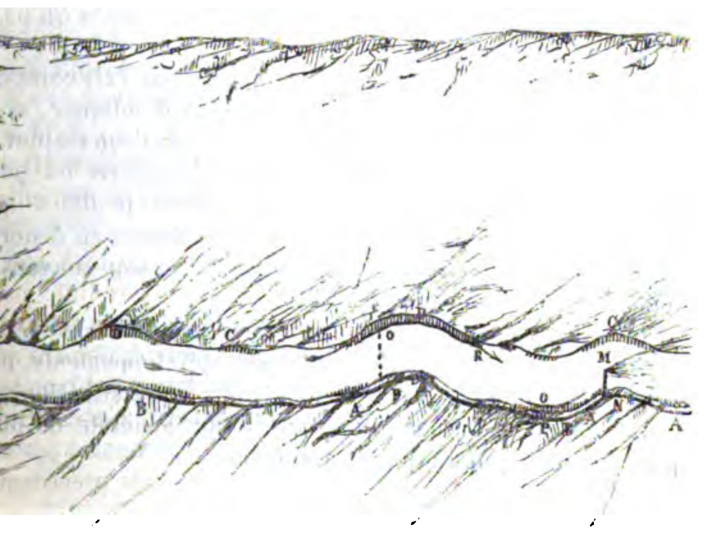


figure ci-dessus, et nous avons indiqué aussi la forme probable et approximative du courant d'air dans les galeries, lorsque la ventilation s'opérera, soit par un système, soit par l'autre. Dans cette figure nous avons tracé le tube de conduite d'air comprimé sur l'une des parois du puits d'aérage et dans le sol de la galerie, pour qu'il ne puisse gêner la circulation. Nous avons indiqué, dans le puits d'entrée de l'air, le jet d'air comprimé moteur qui procure l'entraînement du volume d'air nécessaire à l'aération complète des galeries. Au point M nous avons placé un jet supplémentaire ou de renfort pris par une tubulure N sur le tube de conduite de l'air comprimé (ce jet a pour but, ainsi que nous l'avons dit, de maintenir la même vitesse de l'air dans tout la longueur des galeries, c'est-à-dire qu'il a pour résultat de compense les pertes de charge produites par les frottements de l'air sur le parois des galeries). Pour produire la diffusion ou l'entraînement d gaz détonnants dans la concavité D, qui se trouve par sa dispositio en dehors du courant, nous pensons qu'il conviendrait d'établir un cloison en planches, isolant complétement cet espace D de la galeri et de laisser aux deux extrémités des ouvertures pour la rentrée c l'air ou la sortie des gaz ; on établirait alors en P une tubulure sur tube de conduite d'air comprimé, et par un petit tube placé le long d'un des parois de la galerie on ferait une injection en O, à l'entrée de gaîne ; l'air de la galerie serait attiré suivant la flèche du profil : il form rait un courant actif, entraînerait tous les gaz et les rejetterait dans galerie au point R, dans le courant général, après avoir opéré la dif sion complète des gaz renfermés, soit dans cette gaîne, soit dans les p ches du plafond.

Il serait établi également dans les cavités inférieures, comme on indiqué en B, des gaînes et des jets d'air comprimé O', pour entraîner gaz délétères qui se déposent dans la partie inférieure et qui ne peuv opérer leur diffusion dans l'air de la galerie, parce qu'ils sont trop dehors du courant général.

Avec l'adoption du système de ventilation par l'air comprimé, avec précautions peu coûteuses que nous venons d'indiquer, avec la divis si facile de la force motrice de l'air comprimé et son emploi sur les poi des galeries où il serait nécessaire de l'employer on pourrait ope une ventilation complète ; on pourrait obtenir la diffusion complète tous les gaz formés dans les galeries, et les chasser en dehors de la mi et, par suite, éviter tous les sinistres qu'on a trop souvent à enregis dans les sombres annales des mines.

Le système que nous proposons de la ventilation par l'air compr aurait sans doute besoin de plus grands développements, mais nous vons point voulu fatiguer trop longtemps votre attention, et nous av cru devoir nous borner à une description générale de notre systè pour en faire comprendre les avantages.

royons cependant utile de dire encore qu'en cas de catastrophe
mine, dans celui où des éboulements viendraient à se produire
galeries, les ouvriers qui se trouveraient renfermés dans un es-
que toujours très-restreint, entre deux éboulements, pourraient
t, par le moyen de la conduite principale d'air comprimé ou
d'embranchement qui parcourent toutes les galeries, recevoir
ssaire à leur respiration. Par ces conduites servant de tuyaux
que on pourrait communiquer avec les ouvriers, et même on
eur transmettre des aliments liquides confortatifs. Cet avantage
nense, et réuni à ceux que nous avons déjà énuméré, il donne-
écurité qu'on ne rencontre point dans les autres systèmes de
; il arracherait à une mort presque certaine un très-grand nom-
riers qui périssent par asphyxie, enfin il diminuerait, dans une
roportion, les dépenses causées aux propriétaires des mines
s malheureusement si fréquent de catastrophes.
ense annuelle, occasionnée par le système de ventilation que
ons de vous exposer, pourrait facilement, en faisant varier la
de l'air moteur, arriver à un taux inférieur à celle nécessaire
ploi des ventilateurs mécaniques. Dans tous les cas, cette dé-
sera pas supérieure : il resterait donc seulement la dépense pre-
l'installation, qui ne serait point très-grande, puisqu'elle se
comme nous l'avons dit, à la pose d'une conduite et d'embran-
dans les galeries, pour l'air comprimé moteur. Cette première
ne fois faite, et elle serait peu élevée, les avantages qu'on pour-
irer nous paraissent tellement nombreux, que les propriétaires
ne devraient point, à notre avis, hésiter un seul moment à l'effec-
e qu'ils retrouveraient une valeur bien plus grande, en évitant
nts et leurs terribles conséquences, et en rendant plus commode
ion de leurs mines.
roduire un cube d'air de 4 mètres cubes dans les galeries par
chiffre que nous avons déterminé plus haut, et pour l'introduire
ts que nous supposerons de 4 mètres carrés, c'est-à-dire d'un
de $2^m,25$, en employant de l'air comprimé à une atmosphère, il
n jet moteur de $0^m,0055$, suivant la formule que M. de Monde-
fait connaître dans son exposé de la théorie de la ventilation
omprimé :

$$u = 404 \frac{d}{D} \sqrt{\mu}.$$

cas la vitesse u est de $1^m,00$ par seconde.
le $0^m,0055$ de diamètre, en supposant 286 mètres par seconde
tesse d'échappement de l'air à une atmosphère, exigera un cube
primé de 6 litres, 89 par seconde ou 24 mètres cubes par heure,
ndant à une force d'un cheval 3/4 vapeur ou à $4^k,37$ de charbon
.

Avec cette force minime on est assuré de la rentrée de 4 mètres cubes d'air dans les galeries de la mine : si l'on ajoute une force double, pour les relais ou renforts qui seraient établis dans les galeries, pour compenser la perte de charge due aux frottements et pour les jets supplémentaires qu'il faudrait établir pour opérer la diffusion des gaz et leur entraînement, on voit qu'avec une force motrice de 5 à 6 chevaux-vapeur, c'est-à-dire avec une consommation de 12^{k},50 à 15 kilog. de charbon par heure, on pourrait établir la ventilation complète des galeries.

M. de Mondesir vous a expliqué, lorsqu'il vous a parlé des expériences faites au Champ de Mars, sous la direction de M. Tresca, qu'on avait obtenu une rentrée d'air dans les galeries de 13 à 14,000 mètres cubes à la vitesse d'un mètre, par force de cheval-vapeur et par heure, soit environ 4 mètres par seconde. En supposant que pour compenser les frottements de l'air dans les galeries on soit obligé de quintupler cette force, on voit que l'on arriverait à peu près au résultat que nous vous avons signalé plus haut, et qu'avec une force de cinq à six chevaux-vapeur on pourrait ventiler de la manière la plus effective possible les galeries d'une mine[1]; que, par ce moyen, on pourrait donner aux ouvriers tout l'air nécessaire pour leur respiration, mais encore, on produirait la diffusion et l'entraînement de tous les gaz délétères ou combustibles, et que, par suite on éviterait tous les inconvénients des travaux souterrains, et surtou ceux qui résultent des inflammations des gaz combustibles.

Dans presque toutes les mines de houille, il y a plusieurs bancs à ex ploiter, placées à des niveaux différents, et par suite plusieurs étages d galeries; on comprend que dans ce cas, presque général, il faudra établir un système de conduite d'air comprimé pour chacun des étage pour s'en servir comme nous l'avons expliqué précédemment. Il faudra alors donner à la conduite maîtresse dans le puits d'introduction de l'a un diamètre plus grand et en rapport avec la dépense calculée de l'a comprimé dans les différents étages de galeries. On donnerait aussi u diamètre plus grand au premier jet moteur, afin de faire entrer dans puits d'aérage le volume d'air nécessaire à tous les étages des galeries.

1. Comme dans les mines de houille le prix du charbon, au carreau de la mine, ne passe guère 1 fr. 20 c. p. 100 kil., la dépense du combustible du moteur ne serait que 18 centimes par heure ou de 4 fr. 30 c. par 24 heures. Pour les autres frais, c'est-à-d pour le salaire des mécaniciens, chauffeurs, etc., ils sont compris dans la dépense relat à la remonte des produits de la mine, et il n'y a point lieu de les compter dans la dépe de ventilation.

MÉMOIRE

SUR

L'ENDIGUEMENT ET LA MISE EN CULTURE

DES

ERS DE LA BAIE DE BOURGNEUF

(VENDÉE.)

PAR **M. ACHILLE LE CLER**[1].

I

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ D'ENDIGUEMENT.

DE LA SOCIÉTÉ. — La Société d'endiguement, civile et par-
a été formée entre les membres intéressés, dont les noms

Serre, inspecteur général des ponts et chaussées, président;
é (Charles), ingénieur, administrateur de la Compagnie Pari-
nne du gaz, membre du conseil général de la Gironde;
oux, député et membre du conseil général du Nord;
yron, membre de l'Institut, ingénieur en chef des mines
cédé), remplacé par M. Sageret, son gendre, ancien élève de
cole polytechnique et M. Arthur Clapeyron, son fils;
é (Paul), propriétaire, membre du conseil général de la
ndée;
gne, ingénieur du matériel au chemin de fer du Nord;
ckx, directeur de la Monnaie, à Paris (décédé), remplacé par
dame veuve Dierickx.

N DE LA SOCIÉTÉ. — M. Le Cler (Achille), ingénieur, directeur

[1] discussion, séance du 22 mars, page 98.

de la Société, est chargé de l'exécution des travaux et de l'administration des affaires sociales[1].

II

BUT DE LA SOCIÉTÉ.

BUT DE LA SOCIÉTÉ. — La Société a pour objet l'endiguement et la mise en culture de *polders* ou *lais de mer* dans la baie de Bourgneuf (Vendée).

Elle a succédé à la Compagnie de drainage, d'endiguement et d'irrigation, fondée en 1852 par M. de Liron d'Airoles, et dont les travaux se trouvaient sous la direction de M. Hervé Mangon, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

M. Hervé Mangon, que ses fonctions de professeur à l'École des ponts et chaussées retenaient à Paris, se retira de la Compagnie en 1855, et fut remplacé par M. Le Cler qui, lors du décès de M. de Liron d'Airoles, en juin 1856, fut chargé à la fois des fonctions d'ingénieur et de directeur de la Société.

III

TRAVAUX TERMINÉS OU EN COURS D'EXÉCUTION[2].

Depuis 1855, M. Le Cler a été chargé de l'endiguement de cinq polders qui présentent une surface totale d'environ *sept cents* (700) hectares, savoir :

1. *Polder de Barbatre* (117 hectares). — Ile de Noirmoutiers. Les travaux ont été terminés en 1855.

Les digues de ce polder ont un développement de 3500 mètres. Leur hauteur moyenne est de 4m,50. Elles sont élevées de 2m,00 au-dessus du niveau des marées d'équinoxe.

1. M. Le Cler, ancien élève de l'École centrale, a été attaché à la Compagnie du chemin de fer de Saint-Germain de 1849 à 1855. Il a dirigé, sous les ordres de M. Flachat, ingénieur en chef, les travaux du raccordement de Viroflay, du pont d'Asnières et du chemin de fer de Paris à Auteuil. (Voir *Annales des Ponts et Chaussées*, juillet 1855.)

2. Deux tableaux admis à l'Exposition universelle de 1867 représentent, le premier, le plan général de la baie de Bourgneuf, et le deuxième, les détails des travaux d'endiguement d'un polder.

des Champs (100 hect. 20), situé dans la commune de Bouin, en 1860.

présente une longueur de 3363 mètres de digues, de 5m,00 Leur sommet est élevé de 2m,50 au-dessus des marées d'é-

du Dain (140 hectares), situé au sud du polder des Champs. ndigué en deux parties, la première en 1862 et la deuxième

s de ce polder ont un développement de 4300 mètres et une yenne de 5m,00.

de la Coupelasse (183 hectares), situé également dans la com- uin.

ment de ce polder sera terminé cette année; il présente de digues de 5m,00 de hauteur.

de Beauvoir (161 hectares), situé dans la commune de Beau- du polder du Dain, dont il est séparé par l'étier du Dain, de mer qui sert de délimitation aux communes de Bouin et

ppement des digues est de 3765 mètres, avec une hauteur 5m,00.

polders que nous venons d'indiquer présentent un déve- e digues de 18,528 mètres, plus de 18 kilomètres et demi.

olders ont été étudiés et entre autres un polder de 206 hec- nt du polder du Dain; un polder de 125 hectares, près du moutiers, et un troisième polder de 170 hectares, dit polder

e des polders terminés et de ceux à l'étude forme un total 00 *hectares* et un développement de plus de 24 kilomètres de

IV

PROFIL DES DIGUES, LEUR HAUTEUR.

ion de la ligne d'endiguement. — La ligne d'endiguement des baie de Bourgneuf se trouve à peu près à la limite de la utes mers des mortes eaux, de sorte que ces terrains, avant re, sont couverts par la mer dans toutes les marées des Les marées d'équinoxe donnent une hauteur d'eau de 2m,50 digues.

s commencé l'étude plus importante de la réunion de l'île de Noirmoutiers

Hauteur des digues. — Dans de telles conditions d'établissement, nous avons reconnu que les digues exposées aux vents d'Ouest qui soufflent, le plus souvent, en tempête dans la baie de Bourgneuf, doivent avoir leur sommet élevé de $2^m,50$ au-dessus du niveau des plus grandes marées. Une élévation de $2^m,00$ est suffisante pour les digues exposées aux vents d'Est, sur les côtes de l'île de Noirmoutiers.

La hauteur des digues au-dessus des marées dépend principalemen de la profondeur d'eau au pied et en avant des digues. Ainsi, dans le parties où le profil en long du terrain se relève et où la hauteur d'eau n'est plus que de 1 mètre à $1^m,50$ dans les marées d'équinoxe, il suffit qu le sommet des digues s'élève de $1^m,00$ au-dessus de ce niveau.

Mais comme, au contraire, la violence des vagues augmente dans un grande proportion avec l'accroissement de la profondeur de l'eau, nou pensons qu'il ne faut pas dépasser la hauteur d'eau de $2^m,50$ à $3^m,00$ a maximum. Au delà de ces chiffres, on arriverait à des digues énorme dont la construction serait trop difficile et trop coûteuse.

La hauteur des digues de nos polders est déjà considérable, de $5^m,0$ en moyenne. La largeur moyenne de la base est de $21^m,00$. Le sommet une largeur de $1^m,00$.

Nous n'avons construit que 3500 mètres de digues, situées à l'Est, dar l'île de Noirmoutiers, pour le polder de Barbatre; toutes les autres (17 k lomètres) sont exposées à l'Ouest, sur les côtes de Bouin et de Beauvoi

Profil des digues. — *Inclinaison du talus des digues.* — Le remblai d digues se fait avec la terre extraite en dehors des limites du polder, c côté de la mer. Le profil en travers présente un talus d'une inclinais différente, suivant la nature du remblai.

Si le sol est *sablonneux* (digues du polder de Barbatre), le talus ext rieur, c'est-à-dire du côté de la mer, doit avoir 2 de base pour 1 de ha teur, et le talus intérieur, 1 1/2 pour 1. (PL. 79, fig. 2 et 3.)

Si le sol est vaseux, argileux (digues de Bouin), il faut donner 2 1 pour 1 à l'extérieur et 2 pour 1 à l'intérieur. (PL. 79, fig. 4 et 5.)

Il est quelquefois bon de donner une inclinaison plus raide, 1 1 pour 1, à l'extérieur, dans la partie supérieure de la digue, sur 1 mèt de hauteur à partir du sommet.

Nous avons indiqué divers types de profils. (Voir PL. 79, fig. 2, 4 et 5.)

Perré des digues. — Le talus est couvert d'un perré de $0^m,40$ à $0^m,$ d'épaisseur. Ce perré s'étend également sur le sommet de la digue et s une longueur de $2^m,00$, au retour, sur le talus intérieur.

Le perré doit être fait avec soin. Les pierres sont enfoncées à coups mail dans la terre argileuse.

Si le remblai est sablonneux, il faut mettre sous le perré une couc

le 40 à 50 centimètres d'épaisseur. Une couche de pierres cas- de macadam, de 25 à 30 centimètres d'épaisseur peut rem- gile. Nous avons employé les pierres cassées avec succès dans en remblai sablonneux de Barbatre.

net des digues est planté d'arbustes dont nous parlerons plus ne longueur de 2m,00 du talus, à partir de la crête, à l'exté- l'intérieur. Ces arbustes forment une haie de 1m,00 de hauteur e défense contre les vagues. Le talus intérieur est couvert de luzerne.

V

NDIGUEMENT D'UN POLDER. — DÉTAILS D'EXÉCUTION. DIGUES SUBMERSIBLES. — DIGUES DÉFINITIVES.

couvre, à chaque marée haute, tout ou partie de la surface du ndiguer, de sorte que les travaux de terrassement ne peuvent tés qu'à mer basse. L'organisation du chantier se trouve dans ons toutes spéciales. Les heures de travail varient chaque jour e de la basse mer; il faut, chaque jour, se mettre en garde contre r d'eau différente, selon l'amplitude plus ou moins grande de s les vives eaux et dans les mortes eaux. La construction des mer exige donc des précautions continuelles, particulières à opérations, et nous pensons qu'il ne sera pas sans quelque ntrer dans tous les détails relatifs à l'endiguement d'un

e bien comprendre les diverses phases du travail, nous pren- exemple le *polder du Dain*, de 140 hectares, dont nous avons létails de construction sur les tableaux admis à l'Exposition.

1. ÉTUDES. — MODE DE CONCESSION DES LAIS DE MER.

de mer appartiennent à l'État. Il faut en demander la conces- e ou la mise en adjudication.

dernier cas qui est adopté le plus généralement, et c'est ainsi une adjudication publique, à la préfecture de la Vendée, s été déclarés adjudicataires des lais de mer de la baie de .

en vente de ces polders a eu lieu sur la demande de notre d'après les plans qu'elle avait fournis à l'administration. Il faire des études préliminaires sur l'état d'envasement de la terminer à l'aide de nivellements les tracés convenables pour ent.

L'île de Noirmoutiers[1] forme avec la côte opposée du continent u
sorte de vaste entonnoir où se déposent les atterrissements venant de l
Loire. En général, on dit que ces alluvions sont à *maturité* quand ell
sont composées de couches de vase propres à la culture et arrivées a
niveau des hautes mers de mortes eaux. Il ne faut pas que les digues
établir dépassent une trop grande hauteur (5^m,00), et que le développ
ment n'en soit pas très-considérable pour une étendue déterminée.

Les demandes de concession sont l'objet d'enquêtes de longue duré
car les endiguements du littoral intéressent à la fois les ministères d
travaux publics, de la marine, de la guerre et des finances.

Nous dirons plus loin, quand il s'agira du prix de revient de ces tr
vaux, les inconvénients du mode de concession par adjudication p
blique.

§ 2. TRAVAUX PRÉPARATOIRES. — DIGUES SUBMERSIBLES. — COLMATAGE.

Après l'adjudication du lais de mer, et l'approbation de l'ava
projet par M. le préfet du département, on commence les travaux p
paratoires.

Ces travaux consistent dans l'approvisionnement des pierres destin
au perré, et qui forment d'abord des *digues submersibles* propres à pro
quer de nouveaux colmatages sur le polder.

Yoles pour le transport des pierres. — Les pierres sont extraites des
chers qui se trouvent dans la baie de Bourgneuf, à 4 ou 5 kilomètres
côtes. Le transport à pied d'œuvre se fait à l'aide de *yoles* ou bate
de 5 à 6 tonneaux, montés par deux hommes. Ces bateaux part
par la pleine mer du matin et vont se placer au-dessus des rochers
découvrent à mer basse. Pendant la durée de la mer basse, les d
hommes chargent leur yole de 3 à 5 mètres cubes de pierres, et quan
mer haute est arrivée de nouveau, les bateaux retournent pour déch
ger les pierres sur le tracé du pied des digues qui est indiqué par
balisage. (PL. 78, fig. 1.)

Chaînes de pierres. Digues submersibles. — Nous faisons faire deux m
ou *chaînes* de pierres. La première chaîne de 1 mètre de base et 1 mè

1. L'île de Noirmoutiers est située sous le 47e degré de latitude et sous le 4e d
de longitude occidentale.

Elle a environ 50,463 mètres de pourtour et une surface de 4,900 hectares.

La population est de 8,200 habitants.

La commune de Bouin, qui se trouve en face de l'île de Noirmoutiers, sur la côte d
Vendée, a une surface de 4,202 hectares.

Sa population est de 2,901 habitants.

r, est établie à 10 mètres en dedans du pied de la digue à con-
cordon de pierres, qui ne renferme que 1 mètre cube par mètre
est promptement terminé. Il sert de première digue submer-
rovoque des envasements nouveaux sur la surface du lais de
destiné également, comme nous le verrons plus loin, à retenir
res terres apportées en remblai pour la construction des digues
.

la *petite chaîne* de pierres est achevée, on commence l'établis-
la *grande chaîne* suivant la ligne du tracé de l'endiguement.
aîne doit renfermer l'approvisionnement nécessaire pour la
e comprend, pour nos digues, une quantité de 8 à 10 mètres
mètre courant. Elle est établie de manière que sa partie supé-
rouve un peu au-dessus du niveau des grandes marées. Elle a
pour profil les dimensions suivantes : 4 mètres de largeur à
mètres au sommet et 2^m,75 de hauteur.

de yoles. — Nous employons une *centaine* de yoles propres au
des pierres.

e à chaque yole une longueur de 20 mètres de chaîne à appro-
à la tâche. Les pierres déchargées à mer haute sont emmè-
ses en *chaîne*, à mer basse, par des ouvriers chargés spéciale-
travail.

ises de 4 mètres de hauteur, portant chacune un numéro
rvent à désigner aux yoleurs les points où ils doivent porter
et à distinguer chaque tâche.

spectacle vraiment intéressant et pittoresque de voir cette
lle aux voiles blanches et rouges, chargée de pierres, se ran-
e pour opérer leur déchargement. La position des yoles, pen-
ation du déchargement, est indiquée dans la deuxième partie
du Dain. (PL. 78, fig. 1. Deuxième partie.)

chaînes de pierre constituent des *digues submersibles* qui pro-
nouveaux colmatages dans le polder. En établissant ces chaî-
ou deux ans avant la construction des digues définitives, on ob-
haussement du sol formé d'une excellente alluvion qui atteint
hauteur derrière les chaînes, et qui donne une couche moyenne
centimètres de vase limoneuse sur la surface du polder.

§ 3. DIGUES DÉFINITIVES.

ion du polder du Dain en deux parties. Epoque à laquelle doivent
cés les travaux. — Le polder du Dain de 140 hectares (PL. 78
mprend une longueur de digues de 4,300 mètres. C'était un

travail trop considérable pour être exécuté en une seule année. Le polder a été divisé en deux parties par une digue transversale.

La première partie ayant une surface de 80 hectares et 2,500 mètres de digues, a été renfermée en 1862. La PL. 78 donne les détails d'exécution à mer basse.

La deuxième partie de 60 hectares avec 1,800 mètres de digues a été renfermée l'année suivante. La PL. 78 montre les chaînes de pierres ou digues submersibles en construction, à mer haute.

Nous allons indiquer, à titre d'exemple, la marche suivie pour les terrassements des digues définitives de la première partie.

Les travaux de terrassement n'ont été exécutés qu'après le mauvais temps de l'hiver, ainsi que l'exige la prudence et même, on peut dire, la nécessité, et il est même bon d'attendre que les marées d'équinoxe du printemps soient passées. Il faut alors que le chantier soit mené avec une grande activité, afin de terminer les digues pour l'équinoxe d'automne. Car c'est à ce moment que reviennent les grandes marées et les tempêtes qui seraient fort redoutables pour des digues inachevées. Il faut donc s'assurer, dès le début, d'un nombre suffisant d'ouvriers. L'île de Noirmoutiers et les communes de Bouin et de Beauvoir offrent, sous ce rapport, toutes les ressources nécessaires.

B. *Aqueducs. Coëfs. Ecoulement des eaux. Prises d'eau pour les marais sa lants.* — Avant de commencer les terrassements il a fallu construire le *aqueducs* et mettre en place les conduites en bois appelées *coëfs*, qu'o doit établir sous les digues, et qui sont munis de clapets se fermant d'eux mêmes quand la mer s'élève.

Ces aqueducs en maçonnerie ou en bois sont destinés, après l'endi guement, à l'écoulement des eaux du polder. Ils servent aussi, dans cer tains cas, à l'écoulement des eaux des anciens terrains ou aux prise d'eau salée pour les marais salants situés dans l'intérieur du pays, en a rière du polder.

Dans ce dernier cas, il faut que les aqueducs construits sous les digue se continuent à travers le polder, par un canal appelé *étier*, formé de deu digues parallèles, élevées en hauteur au-dessus du niveau des plus gra des marées. Sans cela, l'aqueduc ouvert à mer haute pour l'alimentatio des marais salants, inonderait le polder.

Comme l'écoulement des eaux ne peut avoir lieu qu'à mer basse, il fa que le nombre des coëfs et aqueducs et leurs dimensions soient détermi nés de manière à satisfaire à une prompte évacuation, et à un complet a sainissement du polder, ce qui en constitue le drainage et est, par suit extrêmement important.

Le polder du Dain présente, dans sa première partie, deux canaux c *étiers* traversant le polder, et destinés à l'alimentation de marais salant L'un de ces étiers, l'étier du Mothois, dont la coupe est donnée (PL. 8

est desservi par un aqueduc; l'autre, moins important, par un
oois. Plusieurs autres coëfs sont destinés spécialement au service
: du polder.

uc du Mothois. — La PL. 80 donne les détails de construction de
c, dit *aqueduc du Mothois*, et d'un coëf en chêne.

educ est établi sur un radier en bois. La maçonnerie est hourdée
er de chaux hydraulique et les surfaces extérieures sont couver-
: chape en ciment.

ne de fermeture a la forme d'un clapet : elle est en bois de chêne,
parties dans sa hauteur, de manière à ne livrer à la prise d'eau
ou moitié de l'ouverture suivant les besoins des marais salants.
s'ouvre d'elle-même, à mer basse, sous la pression de l'eau in-
pour l'évacuation des eaux du canal et des fossés. (Fig. 1, 2,

ures 5, 6, 7, 8 et 9, PL. 80, donnent aussi les détails de con-
d'un *coëf*.

— *Leur construction.* — *Leur pose.* — Les coëfs sont établis en
chêne avec poutrelles en dessous et armatures en fer. Leur sec-
naire est de 30 à 40 centimètres de hauteur sur 40 à 50 centi-
e largeur.

ongueur qui doit dépasser, en dedans et en dehors du polder, la
de la digue, est de 25 à 30 mètres. Ils sont munis d'une porte-
'ig. 5, 6, 7 et 8.)

nsport à pied d'œuvre, et la mise en place de ces énormes coëfs
ertaines précautions spéciales. Cette opération se fait de la ma-
vante :

mblage d'un coëf s'effectue au bord d'un des grands canaux ou
i servent de ports à la commune de Bouin.

il est complètement prêt, on attache de distance en distance,
ngueur, de 4 en 4 mètres, par exemple, des couples de barriques
uis on fait glisser le coëf ainsi armé, dans l'étier à mer pleine. Il
parfaitement en équilibre dans l'eau, et une yole est chargée de
ire, en le remorquant, à l'endroit de son emplacement.

îne de pierres a été ouverte à l'avance, et la fouille préparée; le
mis en place. On enlève les barriques, on charge le coëf de pierres
mer baisse, et on rétablit la chaîne qu'on avait coupée pour son

ispositions pour le transport d'un coëf par eau sont indiquées
ig. 9, 10 et 11.

verture et pavage des vides. — Il y a encore une opération prélimi-
ni doit précéder le commencement des terrassements, et qu'on
l'*ouverture des vides*.

On donne ce nom à des ouvertures que l'on réserve dans la chaîne de pierres, et par lesquelles la mer pourra entrer et sortir facilement à chaque marée jusqu'au jour où les digues se trouveront élevées, sur toute la ligne de l'endiguement, à une hauteur suffisante pour tenir la mer en dehors du polder.

Ces ouvertures permettent à la mer de remplir facilement le polder à chaque marée et de se mettre de niveau de chaque côté du remblai en construction. Le terrassement se trouve mieux protégé de cette manière contre les tempêtes et les vagues, que si, dès l'origine, on empêchait la mer d'entrer à l'intérieur. En effet, les vagues, en passant avec *chute*, sur le remblai, l'entraîneraient, en partie, à chaque marée. Les mêmes avaries ne sont pas à redouter quand les vagues viennent tomber et s'amortir dans l'eau qui couvre le terrassement.

Vides du polder du Dain. — L'emplacement, les dimensions et le nombre des *vides* sont donnés à la fois par l'expérience et par le calcul. Pour la première partie du polder du Dain qui nous occupe, deux vides, de 80 mètres de longueur chacun, se sont trouvés dans d'excellentes conditions.

Il faut *paver les vides* avec les pierres de la chaîne. Car, à chaque marée c'est-à-dire, deux fois en 24 heures, l'eau entre et sort avec une vitesse dépendant de la surface du polder, de la hauteur de la marée et de la longueur des vides. Cette vitesse s'augmente au fur et à mesure de l'avancement des digues. Si la surface des vides n'était pas pavée, il se produirait aisément des affouillements dans le sol. Des musoirs en pierre sont établis sur les parties latérales des vides pour retenir les extrémités du terrassement jusqu'au moment de la fermeture.

D. *Terrassement.* — *Perré.* — *Construction des digues.* — Les aqueducs ont été construits, les coëfs sont mis en place, les vides sont établis, on va commencer le terrassement.

Ponts de roulage. — Les ponts de roulage sont installés de 40 en 40 mètres avec des planches et des madriers que nous faisons venir de Nantes et qui proviennent de la démolition de bateaux de la Loire, hors de service.

Des sortes de tréteaux formés avec de petites balises, de 10 à 15 centimètres de diamètre, enfoncées dans le sol à coups de mail, permettent d'élever les ponts à la hauteur de la chaîne, c'est-à-dire, à 2m,50 de hauteur.

Sur chaque pont de roulage viennent se placer deux escouades de terrassiers de 10 hommes chacune, à *la tâche*.

Nous mettons ainsi un homme par 2 mètres de digues. Nous avons reconnu que dans ces conditions, les remblais de chaque tâche se joignaient assez vite par la base, et s'élevaient, en peu de temps, au niveau des marées moyennes.

t utile d'avoir le plus grand nombre de terrassiers pour gagner de
teur et s'étendre en longueur, car c'est dans les commencements
écution que ce remblai vaseux est exposé à être délavé et entraîné
mer qui vient le couvrir à chaque marée.
grande longueur des digues à construire est couverte à la fois de
de roulage et de terrassiers.
installation est indiquée (PL. 78, fig. 1.)
er revient, à chaque marée, couvrir le chantier. Les ouvriers doi-
nc avoir soin, à la fin de la mer basse, de *charger* de pierres les
es et les brouettes. Les brouettes sont placées au pied de la chaîne
tent dans la mer jusqu'au jour suivant. Les madriers sont enchaî-
tréteaux à l'aide de chaînes en fer.
es ces précautions doivent être prises avec soin, pour éviter les
du matériel que la mer enlèverait.
onts de roulage emploient une grande quantité de planches. Nous
ons venir de Nantes par chargement de navire de 50 à 60 tonneaux.
ier du Dain a employé une longueur de 70 kilomètres (70,000 mè-
planches.

ssement. Le terrassement se met entre les deux chaînes jusqu'à ce
t atteint à peu près la forme indiquée (PL. 78, fig. 3.) Il faut
oin d'appuyer ainsi le remblai contre les chaînes; car, comme
plein d'eau et vaseux il ne se tiendrait pas immédiatement en
t s'il n'était garanti par la grande chaîne de pierre, il se trouverait
à être emporté, en partie, par la mer, à chaque marée.

lai (1re période). — Quand le remblai est arrivé à la hauteur de
de chaîne, on change les ouvriers de place pour aller plus loin,
e de la partie commencée, faire la même opération.
rrassement doit être laissé dans ce premier état pendant une di-
jours. Il s'assèche, prend une plus grande consistance et on com-
alors le *recoupage*, c'est-à-dire la mise en talus du remblai.

page (fig. 4). — Les ouvriers *recoupeurs* viennent prendre la terre
entre la chaîne et la rejettent au-dessus du remblai.
ecoupeurs sont accompagnés des *perreyeurs* qui font le perré sur
au fur et à mesure du recoupage, en prenant les pierres sur la
chaîne.

lai (2me période) (fig. 5). — Après le recoupage terminé et le perré
, on fait revenir les terrassiers qui apportent une nouvelle couche
blai; puis les perreyeurs élèvent le perré sur le nouveau terrasse-

herche ainsi à gagner une hauteur de 50 centimètres au moins au-
du niveau des plus hautes marées.

C'est à partir du moment où l'on est arrivé à cette hauteur sur toute l'étendue de l'endiguement qu'on peut songer à la fermeture des *vides*.

Les travaux que nous venons de décrire pour cette première partie de l'opération doivent être poussés avec vigueur, autant que peut le permettre la nature vaseuse du remblai, et il faut faire en sorte d'arriver à ce degré d'avancement dans le mois de juin.

Fermeture des vides. — C'est vers la fin de ce mois que se présentent les plus petites marées de l'année, dites *marées de la Saint-Jean;* il faut en profiter pour la *fermeture des vides.*

Les vides peuvent être fermés l'un après l'autre ou le même jour. Il est cependant préférable de les fermer en même temps. Cette opération doit avoir lieu le jour de la plus basse mer de la morte eau. Comme les digues sont établies à peu près à la ligne des mortes eaux, il n'entre, ce jour là, que peu d'eau dans le polder.

Travaux préparatoires pour la fermeture. — Dans les 2 ou 3 jours qui précédent la fermeture, on enlève le pavage des vides et on rétablit les chaînes de pierres. Les musoirs qui retenaient les extrémités du terrassement sont retirés avec soin. On ne doit pas laisser, sous la base de la digue, des pierres ou chaînes transversales qui pourraient amener plus tard des filtrations dans le corps du terrassement.

Les deux chaines longitudinales sont donc rétablies avec les pierres du pavage, et on installe des ponts de roulage de manière à placer un grand nombre de terrassiers pour chaque vide. On en met ordinairement une centaine pour un vide de 100 mètres d'ouverture.

Fermeture du polder. — Il faut faire le plus de remblai possible le jour de la fermeture. Dès ce soir-là, *la mer ne doit plus rentrer dans le polder.* On continue le lendemain et les jours suivants à l'élever en hauteur ; car la mer gagne chaque jour de la hauteur, de son côté, en s'avançant vers la vive eau, et il faut continuer à rester au-dessus du niveau des marées.

Cette opération de la fermeture est très-importante, capitale même pour le succès de l'entreprise. C'est la clef de voûte de l'endiguement d'un polder. On choisit les meilleurs ouvriers pour ce travail et on les encourage par des gratifications et une paye plus élevée pendant les premiers jours de l'opération.

Les ouvriers comprennent d'ailleurs l'importance du succès de la fermeture. Ils y mettent de l'ardeur et de la bonne volonté. Le jour de la fermeture est une fête dans le pays.

La fermeture du polder de Barbatre (île de Noirmoutiers), par suite de la disposition particulière des heures des marées et de la morte eau, dut avoir lieu obligatoirement un dimanche, bien que le chantier fût fermé ordinairement, les jours de fête. M. le curé de Barbatre se prêta de bonne grâce à engager en chaire ses paroissiens à se rendre au chantier. Les

des offices furent changées et M. le curé vint assister à l'opération
plus grande partie des habitants de la commune. Je rappelle ces
stances pour montrer tout l'intérêt qui s'attache à la fermeture
older, et combien la population entière apprécie l'utilité de ces
x dont elle est la première à retirer le bénéfice.

llation des ouvriers en dedans du polder après la fermeture. — Après
eture des vides le chantier change d'aspect.
rrain enlevé désormais à la mer s'assèche assez rapidement à l'in-
du polder, et au bout d'une dizaine de jours on installe les ter-
s en dedans des digues pour la continuation et l'achèvement du
i qui les compose.
uvriers peuvent maintenant traverser le polder en tous sens pour
re à leur travail, tandis que, avant la fermeture, il était impossible
cher dans cette plaine de vase et de boue liquide produite par les
s colmatages. Avant la fermeture, on ne peut se rendre à un
uelconque du chantier qu'en passant par les extrémités des digues
ivant péniblement le chemin des chaînes de pierres et la ligne du
i en construction. Cette course, sur plusieurs kilomètres, est
et fatigante.

rassement est pris en dedans du polder après la fermeture. — Le dé-
on emprunte parallèlement aux digues pour leur achèvement,
de faire un large fossé intérieur destiné à recevoir les eaux du
Il est utile que ce fossé ne soit établi qu'à une assez grande dis-
e 7 à 8 mètres, du pied du remblai, pour éviter les éboulements
ssements dans la digue. Nous avons reconnu qu'il est même pré-
de laisser une largeur d'une vingtaine de mètres, entre le pied
nes et le fossé qui sert de collecteur aux rigoles. Cette disposition
ans la première partie du polder du Daim, comme on peut le voir
lan de ce polder en culture (PL. 79, fig. 1), et sur la coupe trans-
de ce polder.
ssé a une largeur moyenne de 10 mètres et une profondeur de

èvement des digues suit une marche régulière et assez rapide
dernière période de la construction. Les ouvriers ne sont plus
is aux heures variables de la basse mer : ils travaillent toute la
et dans de meilleures conditions.
nécessaire, cependant, jusqu'à ce que la digue soit arrivée à une
r définitive, de veiller avec une grande attention au chantier, et
nettre en garde contre les marées des vives eaux. Il faut faire en
e s'élever de plus en plus en hauteur, pour le terrassement et pour
é. On doit, comme nous l'avons dit, atteindre le sommet avant
oxe d'automne.

Observations sur le mode employé précédemment pour la construction des digues. — Nous avons cru devoir entrer dans de longs détails sur les diverses périodes de la construction des digues, parce que ces travaux, comme on a pu le comprendre, s'exécutent dans des conditions tout à fait spéciales aux polders de la baie de Bourgneuf.

Le mode que nous avons employé diffère de celui qui a été suivi dans les derniers endiguements de Bouin, il y a une trentaine d'années. On agissait sur une plus petite échelle, avec plus de lenteur. On n'endiguait, le plus souvent, que des terrains déjà couverts d'herbe et que la mer baignait seulement dans les grandes marées.

Les terrassements se faisaient au *jet de pelle* ou à *la civière* portée par deux hommes. On ne se servait pas de la brouette qui y était à peu près inconnue.

Il n'y avait alors qu'un petit nombre de bateaux pour le transport des pierres qu'on apportait, au fur et à mesure des besoins, pour le perré. On mettait plusieurs années à la construction des digues avant d'arriver à leur fermeture.

Les chaînes de pierre que nous établissons à l'avance et une large installation de ponts de roulage pour l'emploi de la brouette nous permettent d'entreprendre avec sécurité une grande longueur de digues.

Nous n'avons trouvé nulle part l'indication de travaux exécutés suivant la méthode que nous avons suivie dans les terrassements de nos digues.

E. *Organisation et surveillance du chantier. — Rapports. — Observations météorologiques.* — La description que nous avons donnée fait comprendre quelles précautions sont nécessaires, en cours d'exécution, et quelle surveillance continuelle il faut exercer sur le chantier.

Nombre des ouvriers. — Lorsque les travaux sont en pleine activité, nous avons un chiffre d'environ 500 ouvriers. Le plus grand nombre est à *la tâche*, par escouade de 10 hommes. La surveillance directe se fait par des piqueurs sous les ordres d'un chef piqueur. Un conducteur est attaché au chantier. Nous-même y exerçons une surveillance quotidienne.

La paye des ouvriers a lieu par quinzaine. Un employé est chargé spécialement de la comptabilité. Il surveille en même temps le service de l'exploitation [1].

1. Nous sommes secondé, dans l'exécution de nos endiguements, avec beaucoup d'intelligence et de zèle, par M. Goulay, ancien employé au chemin de fer de Saint-Germain, conducteur de travaux, et par M. Lionnet, premier adjoint au maire de Bouin, chargé de la comptabilité du chantier et de la surveillance des colons.

Les piqueurs, tous gens du pays, sont pleins de dévouement dans ces travaux fatigants et nous devons signaler le chef piqueur, M. Julien Lassourd, conseiller municipal de Barbatre.

rts sur les travaux. — Un rapport *journalier* est dressé, chaque indique le nombre des ouvriers présents au chantier et le travail ournée. Un rapport *hebdomadaire* résume, chaque dimanche, le de la semaine et les observations météorologiques.

cemplaire des feuilles autographiées préparées pour ces divers s est joint à ce mémoire. (PL. 83.)

ations météorologiques. — Il nous est indispensable de tenir chaque jour, des heures de la marée, de la hauteur d'eau et de nosphérique. Aussi, les observations météorologiques sont-elles ates, et nous en prenons note depuis plus de dix ans. Un pluvio-ous permet de constater l'eau qui tombe et nous notons égale-indications d'un psychromètre.

vons fait copier sur les dessins exposés (PL. 81, fig. 20), l'un des ta-enus quotidiennement au courant et sur lesquels nous représen-'aide de courbes, la hauteur de la mer, la pression barométrique, du thermomètre, et la direction du vent pour chaque jour de

é de hauteur des marées [1] étant connue pour les ports de Bouin nous pouvons en déduire la hauteur probable de la mer, cha-, à l'aide de coefficients calculés par le Bureau des longitudes. pression atmosphérique et la direction des vents viennent sou-lifier ces hauteurs normales, et il n'est pas rare de voir la mer le 50 à 60 centimètres au-dessus du chiffre que les calculs indi-t.

donc se mettre en garde contre les mauvais temps, et quand il it une baisse sensible du baromètre, c'est souvent l'indication npête prochaine. Il est utile alors d'employer un certain nom-vriers à protéger les parties les plus exposées du terrassement, etites chaînes de pierres et des blocages faits à la hâte sur la remblai.

t trop long d'entrer dans tous les détails des précautions néces-ns les travaux à la mer, et dont les divers éléments ne peuvent rminés que par une expérience de chaque jour.

té de hauteur est la moitié de la hauteur moyenne de la *marée totale* qui arrive deux après la syzygie quand le soleil et la lune, lors de la syzygie, sont dans et dans leurs moyennes distances à la terre.

grandes marées suivent d'un jour et demi la nouvelle et la pleine lune.

ôte de Bouin, la différence entre les hautes et les basses mers est de $5^m,58$. La ce nombre, ou $2^m,79$, est ce qu'on appelle l'unité de hauteur, c'est-à-dire la ont la mer s'élève ou s'abaisse relativement au *niveau moyen* qui aurait lieu sous soleil et de la lune.

de nos digues se trouve, en moyenne, à $0^m,71$ au-dessus du niveau moyen de la

§ 4. PLANTATIONS DU SOMMET DES DIGUES.

Quand les digues sont terminées, en terrassement et en perré, on e plante la partie supérieure d'arbustes particuliers aux terrains salés de bords de la mer.

Les arbrisseaux qui couronnent les digues sont connus dans le mara de la Vendée sous les noms de *Sart* et d'*Arroche de mer* qui paraissent êt l'ansérine ligneuse (*Suæda fruticosa Forst.*) et l'ansérine maritime (*Suæ maritima*). Un troisième arbuste, le *tamarix*, vient bien sur les digu sablonneuses.

On plante ces arbrisseaux par *bouture*, au mois de novembre, entre l joints des pierres du perré, et sur une longueur de 2^m,00, à partir de crète de la digue sur le talus extérieur et sur le talus intérieur.

Au bout de 2 à 3 ans, ces plantations forment une véritable haie fo épaisse de 1^m,00 de hauteur, qui sert d'excellente défense contre les v gues dans les tempêtes.

Cette haie empêche aussi que les pêcheurs et les promeneurs puisse monter sur la crête des digues et la détériorer par de fréquents passag Des escaliers en pierre ou des rampes sont ménagés à l'extrémité d chemins qui aboutissent à la mer. Il est important de veiller au bon e tretien du sommet des digues. Car *c'est par la tête que les digues périrai* si des écrêtements présentaient une amorce aux vagues dans les viole tes tempêtes.

C'est pour obtenir toute sécurité que nous élevons nos digues à u grande hauteur au-dessus des plus hautes marées, et que le sommet est perreyé et planté avec soin.

§ 5. ASSÈCHEMENT DU POLDER. — FOSSÉS. — DRAINAGE.

Aussitôt que les digues approchent de leur achèvement, et que le du polder s'est affermi par l'assèchement, on s'occupe du réseau d fossés.

Les fossés sont établis suivant la pente du terrain, c'est-à-dire qu sont généralement perpendiculaires aux digues nouvelles. Ils vont se ter dans le large fossé dont nous avons parlé, établi à peu de distance pied des digues et parallèle à leur direction. Ce large fossé sert de ré voir à mer haute pour l'accumulation des eaux des rigoles alors l'écoulement dans la mer est impossible, et leur permet de s'évacue mer basse par les coëfs et les aqueducs.

Les petits fossés ont une profondeur de 0^m,80 à 1^m,00 et une larg en tête de 1^m,50 à 1^m,70. Nous avons reconnu que ces fossés, avec distance de 23 mètres d'axe en axe, produisent un excellent assainis ment. C'est un drainage à ciel ouvert.

ırplus tout agriculteur comprendra combien il est important d'ar-
ı plus grand abaissement possible de la nappe d'eau, par un sys-
ien combiné de rigoles, de collecteur général et de buses à cla-
ui, fermés à mer haute, s'ouvrent d'eux-mêmes à mer basse et
tent le dégorgement des eaux 2 fois en 24 heures pendant 5 à 6
chaque fois.

avons fait des essais de drainage avec tuyaux dans les polders de
Mais le drainage ne produit pas dans ces terrains tous les résul-
irables. Il ne peut suppléer qu'imparfaitement aux fossés qui doi-
ueillir, à mer haute, c'est-à-dire, pendant la période de non écou-
des eaux, celles qui proviennent des pluies et de quelques
ions maritimes.

faut pas oublier que les eaux restent sans s'écouler pendant six
le haute marée. Quand celle-ci baisse, les clapets des coëfs s'ou-
le dégagement s'effectue.

quelques années de culture, quand le sol du polder a été parfai-
dessalé, aéré et assaini, on peut ne conserver qu'un certain nom-
fossés principaux, et les petits fossés se trouvent réduits à une
suffisante en tête de 0^{m},80 à 1^{m},00.

ce que nous venons de dire du mode d'endiguement d'un polder
submersibles, digues définitives, plantations du sommet des di-
ssés et aqueducs etc.), a été appliqué au polder du Dain de 140
, que nous avons pris pour type.

VI

D'ENDIGUEMENT DIFFÉRENT DE CELUI DU POLDER DU DAIN. — POLDER DE LA COUPELASSE.

lder du Dain a été endigué en deux parties à l'aide d'une digue
sale, et nous avons fait observer qu'en agissant ainsi, nous avions
r règle de n'entreprendre qu'une longueur de digues qu'il fût
de *fermer* dans une même année.

certains cas, cependant, où cette méthode d'endiguement doit
lifiée. Il serait quelquefois difficile et très-coûteux d'établir une
ansversale, et alors il est plus avantageux de mettre plusieurs
à construire les digues qui renferment un polder d'une surface
ndue pour être endiguée en une seule année.

l'endiguement du polder de la Coupelasse. — C'est ainsi que nous
ıs en 1867, l'enclôture du polder de la Coupelasse, qui contient
200 hectares et dont les digues définitives ont été commencées
Ce polder est couvert d'un envasement très-profond. De plus,

le sous-sol en est compressible dans une grande partie du développement des digues. Il n'était pas possible de les construire en une seule année. Elles ont, d'ailleurs, une longueur de 3,600 mètres.

Nous joignons à ce mémoire un profil en long qui indique la coupe du terrain et l'épaisseur du sol vaseux sous les digues du polder de la Coupelasse. (PL. 79, fig. 6 et 7.)

On a commencé, en 1865, par construire la digue latérale A D (fig. 6) située dans la partie la plus compressible. Mais comme cette digue devait passer l'hiver exposée à la mer sur ces deux côtés, il a fallu couvrir d'un perré le talus intérieur comme le talus extérieur. Le perré intérieur sera enlevé après la fermeture du polder, et les pierres serviront à la construction des greniers. On a commencé aussi, la première année, la construction de la digue, face à la mer, sur une longueur de 300 mètres DD'

Dans la deuxième année 1866, on a construit la longueur F E de 1,000 mètres et commencé la partie restante E D. Deux vides de 100 mètres on été ouverts et pavés. La partie inachevée de la digue E D' a été garanti contre les mauvais temps de l'hiver par un blocage de pierres établi su la surface du remblai et par une petite *chaîne* sur la crête du perré.

Dans cet état, l'hiver s'est passé sans causer d'avaries aux travaux qu seront achevés cette année.

Nous n'entrerons pas plus longuement dans les détails d'exécution d ce polder. Disons seulement que les digues submersibles ont produit su sa surface un effet extraordinaire de colmatage. La petite chaîne intérieu de 1 mètre de hauteur a complétement disparu dans la couche de va nouvelle, et ce polder présente une surface de près de 200 hectares cou verts d'un limon d'excellente qualité.

Le polder de la Coupelasse est indiqué (PL. 77) (carte générale) nord-ouest de la commune de Bouin dont il fait partie, et sur planche 79, fig. 6 et 7.

VII

EXPLOITATION DES POLDERS. — MISE EN CULTURE.

§ 1. MISE EN CULTURE. — MODE DE PARTAGE. — BATTAGE DES RÉCOLT

Après l'endiguement d'un polder, vient son exploitation par la c ture.

Nos polders sont cultivés, suivant l'usage du pays, à *moitié fruits*, les habitants qui deviennent les *colons* des terres conquises sur la mer

Les polders nouvellement endigués sont fort recherchés par les cu vateurs qui s'inscrivent à l'avance pour obtenir quelques parcelles. demandes s'élèvent à 2 et 3 fois la surface endiguée. On choisit les m

ltivateurs, et comme ils ont déjà à cultiver d'autres terres dans la
ne, on ne donne à chaque colon que 3 à 5 hectares de polder.
les conditions ordinaires du marais de la Vendée, les colons sont
de tous les frais de la culture : semence, labour, récolte. Après
ge, ils portent dans le grenier du propriétaire la moitié du grain
nettoyé et prêt à être vendu.
avons apporté quelques modifications à ces conditions de par-

alité exceptionnelle de nos polders, dont le colmatage est si pro-
si fertile, leur donne une plus-value sur les autres terres, et en
la moitié des fruits, nous obtenons une redevance annuelle en
e 10 francs par hectare : c'est donc une sorte de milieu entre le
ge pur et simple et le bail à prix d'argent.

de partage de la récolte. — En second lieu, nous nous faisons livrer
é de la récolte en *gerbes* et non en *grain*.
enier a été construit à l'entrée du polder. Les colons nous appor-
noitié des gerbes sur une *aire* qui a été ménagée en avant du gre-
employé est chargé de compter les gerbes dans les parcelles
sciage, et on les compte de nouveau, au moment de la livraison,
grenier, en formant des *gerberies*.

e. — *Machine à battre.* — Nous nous réservons le battage, que
ctuons à l'aide d'une *machine à battre*. La paille nous reste et
moins, par sa valeur, les frais du battage mécanique.
lons en sont encore réduits, dans cette partie de la Vendée, au
ge de la récolte par des chevaux et des bœufs. Nous échappons à
barbare par la machine à battre à vapeur.
nachine a été vendue par un bon constructeur de Nantes. Elle
t à battre non-seulement le blé, mais les fèves. Pour arriver à ce
ésultat, il nous a suffi d'augmenter le diamètre d'une poulie et
ent du batteur. La vitesse de la machine est ainsi diminuée et
sont parfaitement battues sans se briser [1].
are que la machine fait marcher à l'aide d'une courroie de trans-
nous permet d'effectuer, au fur et à mesure, un premier van-
blé battu, qui est ensuite immédiatement transporté dans le

lte des polders est vendue pour l'exportation. — Nos récoltes, en

rtement du batteur est, pour le blé, de 22 millimètres.
— — pour les fèves, de 24 —
amètre de la poulie est, pour le blé, de 175 —
— — pour les fèves, de 325 —

général, ne restent pas dans le pays : elles sont achetées pour Nantes o Bordeaux, ou pour l'exportation en Angleterre. C'est dans cette prévi sion que nous avons fait construire notre grenier à l'entrée du polder, tout près d'un des grands étiers ou canaux qui servent de ports à la com mune de Bouin.

Les navires arrivent en face du grenier, et le chargement se fait à d d'homme du grenier au navire. Le tonnage de ces navires est de 60 100 tonneaux.

On peut voir (PL. 80, fig. 13), cette installation du battage des récolt et du grenier près de l'étier qui reçoit les navires.

Le dessin du grenier, dont la charpente a été établie très-simpleme avec les madriers et les planches du chantier, est indiqué (fig. 12).

Le mode que nous employons pour le battage de la récolte en amè la prompte rentrée en grenier, et nous sommes, de cette façon, prê avant les autres propriétaires de la contrée à profiter des occasions vente à des prix élevés qui, d'ordinaire, se présentent au moment où l réserves de la précédente récolte sont presque épuisées, et où les bl nouveaux ont encore à peine été récoltés.

La récolte des céréales est précoce dans cette partie de la Vendée. sciage du blé a lieu ordinairement du 1er au 15 juillet. Le battage est t miné dans les premiers jours du mois d'août.

§ 2. ASSOLEMENT.

On peut dire d'une manière générale que les terres des polders Bouin sont cultivées sans engrais au moins pendant un grand nom d'années, quelquefois même indéfiniment, avec la rotation continu de *blé* et *fèves*, qui est le seul assolement invariable du pays[1]. Cet état choses est susceptible de grandes améliorations.

Déjà nous avons introduit la culture du colza, de l'avoine et de la zerne. L'assolement que nous proposons d'adopter est semblable à c qui ont été appliqués dans les polders du comté de Norfolk et d Hollande, savoir :

Colza, froment, fèves, froment, avoine, — ou bien, — colza, frome fèves, avoine, luzerne ou prairies[2].

1. « Toutes les *plantes sont sympathiques* avec elles-mêmes quand elles végètent sur « terre féconde...

Pourquoi en Russie et dans les marais du Poitou cultive-t-on depuis 400 ans du fro « sur froment sans le secours d'aucun engrais? C'est que dans les deux situations la te « une richesse exceptionnelle, une fécondité extraordinaire. »

Gustave Heuzé (*Les assolements et les systèmes de cultur*

2. Note sur la culture du lac de Harlem (*Annales des ponts et chaussées*, 1863).

ses des terres. — Nous donnerons dans les pièces jointes à ce mé-
es analyses des terres de nos polders, qui ont été faites au labo-
de l'École des ponts et chaussées, et qui indiquent la composition
les plus fertiles.
ne mettons pas d'engrais, d'une manière générale, dans les pre-
années. Il est vrai de dire que le curage des fossés, qui se rem-
de colmatage, fournit un amendement qui est jeté avec soin sur
elles.

h employé comme engrais dans les terres sablonneuses. — Nous devons
que les parties sablonneuses, et notamment les terres de l'île de
utiers, reçoivent, chaque année pour engrais, les varechs ou goë-
ue la mer apporte en abondance au pied des digues, et qui, en
la terre, y apportent des sels de soude, de potasse et de ma-

onditions de notre métayage obligent les colons à se soumettre à
ditions pour l'assolement des polders, et nous pouvons ainsi ap-
uccessivement quelques améliorations à la culture ordinaire du
le la Vendée.
ur viendra sans doute où on pourra augmenter la portion cul-
luzerne, en plantes fourragères, diminuer par contre l'étendue
en froment et se livrer à l'élève et à l'engraissement du bétail,
cela se fait du côté de Marans (Charente-Inférieure). Il est infini-
obable que des terres aussi riches, aussi fertiles pourront pro-
viande dans des conditions très-avantageuses ; mais il faudrait
a transformer radicalement les habitudes des colons, augmenter
rablement l'étendue des étables et les capitaux engagés dans l'ac-
des bestiaux. Une pareille modification ne peut être que l'œuvre
s.
luction d'instruments agricoles. — Nous avons introduit quel-
struments agricoles : des charrues, des herses plates et des
ourbes pour billons. L'ancienne charrue du pays est informe et
e.

arrue Bonnet nous a servi dans des circonstances spéciales. Quel-
rcelles se trouvaient couvertes d'une couche sablonneuse de 25
timètres au-dessus d'un sol vaseux de bonne qualité. La charrue
facilement ramené le sous-sol à la surface, et nous avons obtenu
rgilo-sableux très-fertile.
hors de nos polders, les colons possèdent quelques hectares d'an-
rains transformés en prairies, et ils se livrent à l'élevage des
Ce sont les bœufs qu'on attelle à la charrue.
exerçons une surveillance continuelle sur nos colons. Ce n'est
peine qu'on les décide à adopter d'autres éléments de culture

que le blé et les fèves. Nous avons cultivé, nous-mêmes, directeme sur quelques parcelles, le colza, la luzerne, l'avoine pour en montrer l résultats. Le colza a maintenant pris faveur, et les colons en ont ens mencé cette année une surface de 40 hectares.

Ensemencement des polders pour la campagne 1866-1867. — Le plan polder du Dain, en culture, (PL. 79, fig. 1), en fait voir une surfa de 25 hectares.

Ce polder comprend cette année (1866-1867) :

75 hectares en blé.

25 hectares en colza.

40 hectares en fèves.

Le polder des Champs renferme du blé, du colza, des fèves, de l'avo et de la luzerne.

Les apparences sont très-belles pour toutes les cultures dans les p ders en exploitation.

VIII

PRIX DE REVIENT. — RENDEMENT.

Quand les travaux d'endiguement sont exécutés dans un état suffis d'envasement et pour des hauteurs de digues ne dépassant pas celle 5 mètres, que nous avons adoptée dans nos polders, on arrive à des ré tats satisfaisants de prix de revient.

Dans de telles conditions, on obtient un prix moyen de 3,500 fra par hectare qui assure à ces entreprises agricoles des revenus rémuné teurs. La valeur de ces terres est de 4,000 à 4,500 francs l'hectare.

Le rendement des polders est, en général, relativement assez faibl irrégulier dans les deux ou trois premières années de l'exploitation, tout si ces années sont accompagnées de sécheresse et de chaleur. Le se trouve en excès dans le sol, et il faut que la terre soit délavée et salée par les pluies, égoutée par un système suffisant de rigoles et fossés, et ameublie et aérée par de fréquents labours et la culture.

C'est ainsi que nous avons obtenu, dans les premières années, un dement qui a été, suivant les emplacements, de 15 à 25 hectolitres blé ou de colza. C'est un faible rendement pour ces terrains.

Dans la première année, c'est-à-dire immédiatement après l'endig ment, on a l'habitude d'ensemencer le polder en orge. C'est l'ensemen ment qui réussit le mieux dans la terre imparfaitement desséché dessalée. Cela s'explique, en songeant que le sel marin entre dans proportion bien plus grande dans la composition de l'orge que dans du blé.

peut être semé dans la deuxième année, ainsi que le colza.
es ne réussissent bien, en général, qu'au bout de 3 à 4 ans. A
ode, leur rendement total est de 10 à 25 hectolitres, d'une va-
enne de 13 francs l'hectolitre.
le même de la luzerne, qui ne doit être semée que dans la troi-
la quatrième année après l'endiguement.
rois ans de culture, on arrive à des rendements partiels d'une
d'hectolitres pour le blé; mais un rendement général et uni-
cette importance ne s'obtient qu'après un nombre double
quand la culture a ameubli et aéré convenablement le sol, et
à un état uniforme de fertilité. Cet état est très-inégal à l'ori-
endiguement, suivant les parcelles, quoique au premier aspect
btenue, et pour ainsi dire créée, par les mêmes causes aidées
es moyens, semblât avoir une composition parfaitement régu-

res de la commune de Bouin, dont le colmatage était moins
que celui de nos polders, et endiguées depuis 40 ans avec l'asso-
ntinuel, sans engrais, de blé et de fèves, ont donné, comme
des 20 dernières années, 28 hect. 50 par hectare en blé et
itres en fèves.
meilleur assolement, nous devons attendre un rendement su-
ces chiffres, pour des terrains vierges si profondément colma-
oyenne du rendement atteindra, nous l'espérons, si elle ne le
30 hectolitres par hectare pour le blé, les fèves et le colza.
ais de luzerne nous ont donné près de 9,000 kilogrammes à
en 4 coupes, pour la deuxième année. Nous espérons arriver
ilogrammes. Dans ces sols profonds, la luzerne pourrait durer
ns.
ders de Bouin, qui se trouvent encore dans la période impar-
remières années de culture, nous ont donné 160 francs par hec-
la moitié du rendement total.
mptons arriver aisément à un revenu net de 200 francs par hec-
la moitié, qui forme notre part de la récolte.
jouter une redevance de 10 francs par hectare.

tions sur le mode de concession des lais de mer. — Conformément
les dessèchements, nos polders sont exempts de l'impôt foncier
25 ans. Mais par contre, l'État qui a un si grand intérêt à favo-
utiles travaux, tant au point de vue de la prospérité de la popu-
des intérêts directs et indirects du trésor, loin de les subven-
omme ce serait son intérêt bien entendu, afin d'en développer le
ne donne les concessions que moyennant un prix assez élevé.
, ces concessions du prix de 200 à 250 francs l'hectare se font

par adjudication publique, comme nous l'avons dit dans un cha[
précédent.

Il en résulte qu'après des études longues et coûteuses sur la possi[
d'exécuter les travaux d'endiguement et d'en obtenir par la cultur[
revenu rémunérateur, il peut dépendre du sort d'une adjudicatio[
rendre stériles entre vos mains ces études et dépenses préparatoire[

Il y a plus : la quantité des ouvriers disponibles dans une loc[
étant nécessairement restreinte, et ces travaux exigeant, pour être [
cutés et terminés en temps utile, un développement de chantier de[
à 500 travailleurs, la concession d'un endiguement à une société [
rente de celle qui opère déjà dans le pays peut, par la concurrenc[
demandes d'ouvriers, amener presque fatalement, non-seulement [
hausse ruineuse des salaires, mais ce qui est pis, la presque impossi[
de terminer les travaux en temps opportun, et, par suite, des cha[
sérieuses de pertes considérables.

Cette situation est singulièrement aggravée depuis la loi de 1865 [
permet les coalitions d'ouvriers pour l'obtention de salaires plus él[
Au moment critique de l'opération, en effet, quand de la fermeture [
nitive des digues bien opérée dans les quelques journées qu'offren[
faibles marées de juin, dépend le succès de toute une campagne de [
vaux, ce succès peut être compromis si une grève se produit à ce mo[
fatal, et il peut en résulter des pertes énormes d'argent.

Frais d'entretien des digues. — Les digues établies dans les condi[
de hauteur et de construction que nous avons suivies pour les nôtre[
maintiennent en parfait état et n'exigent que des frais d'entretien ins[
fiants, quand le tassement des terres, qui a lieu dans les premiers [
est accompli, et quand la végétation des plantations du sommet a [
développer.

IX

RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE CES ENTREPRISES.

Ces grandes entreprises agricoles amènent de précieux résultat[
travail et de bien-être dans la contrée où elles sont exécutées.

On occupe, pendant la construction, tous les ouvriers du pays, ma[
terrassiers, perreyeurs, journaliers.

Nombre de journées d'ouvriers. — Nous avons déjà employé plu[
600 mille journées d'ouvriers pour les polders de Bouin, de Beau[
de Barbatre.

Yoles. — Nombre de journées de yoleurs. — Nous avons dit que les y[
montées par deux hommes sont chargées du transport à pied d'œ[

erres qu'elles vont chercher sur les rochers de la baie. Il faut à peu
0 mètres cubes de pierres par mètre courant de digues. C'est donc
be total d'environ 200 mille mètres cubes que les yoleurs auront
orté pour les 18,500 mètres de digues de nos cinq polders. Or,
e chaque yole ne transporte en moyenne que $3^{m.c.}$,50 par voyage,
ntité totale correspond à près de 60,000 voyages de yoles montées
ux hommes, soit à 120,000 journées de travail pour les matériaux
ent.

travaux augmentent le nombre des marins. — Les ouvriers qui
nt les yoles sont soumis à l'inscription maritime. Au début de nos
, il y avait une vingtaine de yoles inscrites au port de Noirmou-
l y en a maintenant plus de cent, et cet accroissement est dû à nos
.

communes participent surtout aux avantages de ces travaux. — Les
iers pour le remblai de la digue, les maçons pour le perré, les
iers divers pour le recoupage des terres et autres travaux, sont tous
pas les habitants du pays, par les communes de Noirmoutiers, de
re, de Bouin, de Beauvoir, de Saint-Gervais, voisines de notre
r. Nous n'avons pas d'ouvriers étrangers.

ervices rendus dans ces communes, où il y a de nombreux ou-
sont incalculables, et il faut voir avec quel empressement on ac-
chaque année, l'ouverture du chantier.

loitation des polders par les habitants. — Après l'exécution des digues
exploitation des terres qui est encore livrée aux habitants sous le
du métayage.

chaque polder, les demandes dépassent deux à trois fois la sur-
diguée. On peut affirmer que toutes les familles d'ouvriers et de
teurs des communes de Bouin, Beauvoir et Barbatre sont intéres-
ns nos travaux.

ravaux retiennent les ouvriers dans leur pays. — Il n'y a pas d'opé-
plus utiles et plus efficaces pour fixer la population sur le sol des
gnes. Il suffit qu'un cultivateur obtienne 2 à 3 hectares dans un
pour qu'il se marie et ne songe plus à s'éloigner de son pays.

endiguements servent encore à l'augmentation du nombre des
rs de la baie de Bourgneuf.

avons indiqué quel a été l'accroissement considérable des yoles
une dizaine d'années pour le petit port de Noirmoutiers. Les
isionnements de matériaux sont ordinairement interrompus pen-
hiver, à l'époque où s'ouvre la pêche des huîtres dans la baie de
neuf. Les yoleurs sont occupés à cette pêche pendant les mois
ruption de nos travaux.

Assainissement du pays. — Enfin, ces conquêtes pacifiques, en augmentant la richesse publique et le bien-être des populations, réalisent une amélioration précieuse dans les conditions hygiéniques des pays marécageux de cette partie de la Vendée, exposée aux fièvres paludéennes.

L'intensité de ces fièvres diminue chaque année par suite de l'assainissement du sol livré à la culture, et par l'accroissement du bien-être des populations.

Avantages de ces travaux pour l'État. — Il faut remarquer encore que ces opérations d'endiguement, sans imposer à l'État aucun sacrifice, lui procurent, tant par le payement du prix des concessions et le produit des contributions indirectes que par les droits de mutation, un avantage considérable, et ajoutent aux ressources de l'impôt en mettant à la disposition de l'industrie et de l'agriculture de nouveaux moyens de production.

Il semble donc que l'État devrait encourager ces utiles conquêtes par tous les moyens qui sont en son pouvoir, et tout d'abord, en diminuant les longues formalités d'enquête qui prennent souvent deux années entre la demande et l'obtention d'une concession.

X

OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LE DOMAINE MARITIME.

Les plus faibles encouragements de l'État peuvent avoir les conséquences les plus importantes dans ces grandes questions d'intérêt général. Car il y a beaucoup à faire dans cette voie. L'on estime, en effet, à cent mille (100,000) hectares l'étendue des lais ou relais de la mer, marais ou étangs salés, appartenant au domaine, et que l'on pourrait endiguer ou dessécher avec avantage sur notre littoral. Ces conquêtes pacifiques sont donc bien loin d'avoir atteint le développement que comporte leur utilité !

Il y a en France, dans le domaine maritime, une mine abondante à exploiter non seulement au point de vue des polders à endiguer et des dunes à ensemencer et à couvrir de plantations, mais encore sous le rapport des pêcheries à développer, des bassins et réservoirs de poissons à créer dans certaines localités favorables, et des huitrières à développer et à aménager sur certains fonds émergents, comme on le voit, par exemple, sur les bords du bassin d'Arcachon, à l'île de Ré, etc.

Bien des industries chimiques peuvent trouver également à s'exercer sur ce domaine maritime qui n'est guère encore qu'une lande inculte, et qui pourrait devenir une des portions les plus productives du territoire.

questions ont été l'objet des études de plusieurs publicistes qui se
upent de l'amélioration du bien-être de la population de nos côtes.
864, M. Moulz, curé d'Arcachon, a publié, dans le numéro de sep-
de la *Revue des économistes*, un article des plus remarquables inti-
e *Domaine maritime et l'inscription maritime.*
ppelait que le dur régime de l'inscription maritime qui pèse de-
lbert jusqu'à cette époque sur les populations des bords de la mer,
ur compensation, que le privilége exclusif en leur faveur, de la
et de l'exploitation de ce domaine maritime : privilége bien illu-
Que peuvent faire, en effet, au point de vue de cette exploitation,
mmes sans capitaux, sans crédit, qui dans les 24 heures peuvent
ar une décision ministérielle, obligés de quitter leurs foyers pour
lre sur les navires de l'État. Y a-t-il une industrie quelconque
sse naître et se développer dans de pareilles conditions d'instabi-

i qu'est-il arrivé? Cest que, sauf de rares exceptions dues à des
tances tout à fait exceptionnelles, à des concessions et priviléges
és à de riches capitalistes, en dehors du principe général et exclu-
régit le domaine maritime, celui-ci est resté à l'état de lande

ien, ajoute l'auteur, qu'on rentre dans le droit commun! que les
nécessaires au service de l'État et pris dans la population mari-
oient désignés par le sort : qu'il y ait une *conscription maritime*,
il y a une conscription pour le recrutement de l'armée de terre.
te, que le privilége exclusif en faveur des inscrits de la zone mari-
t aboli, et que son exploitation devienne libre et ouverte à toutes
vités industrielles et commerciales.
pé des résultats immenses qu'a eus la loi de 1856 sur les landes
nales de la Gascogne, loi qui a déclaré que, dans un délai de 12
communes devraient avoir vendu, planté ou cultivé leurs landes,
lz demande que la zône maritime actuellement inculte, soit suc-
ment vendue ou amodiée pour être convertie, selon les possibilités,
es cultivables, en bassins à poisson, en pêcheries, en huîtrières,
iques de produits chimiques, etc.
doute pas, et nous partageons pleinement ses espérances, que
ées par des capitaux suffisants et une industrie libre d'elle-même,
nesses inconnues ne se développent rapidement et n'accroissent
trement le bien-être de la population maritime, que sous le régime
vilége et de l'inscription maritime.
juste de dire que peu de temps après la publication de cet arti-
arquable, et qui fut à cette époque mis sous les yeux de l'Empe-
n décret modifia notablement, en faveur des marins, les rigueurs
me de l'inscription maritime. Au lieu de pouvoir, à tout instant,
pelés sur les navires de l'État jusqu'à 50 ans, le marin, à partir de

30 ans, est laissé à sa famille, entre dans un cadre de réserve, et ne pe être appelé qu'en cas de guerre.

C'est une grande amélioration, mais ce n'est qu'un premier pas. On n pas encore osé aborder de front le principe lui-même.

Ce n'est cependant qne par une transformation complète du systèm et en appliquant un ensemble d'idées nouvelles qu'on pourra, tout à fois, développer largement les richesses du domaine maritime et améli rer, par suite, notablement la situation des populations si intéressant de cette zone du littoral.

Les polders ou lais de mer forment l'une des parties les plus impo tantes de ce domaine, tant par leur étendue, que par les travaux con dérables qu'ils exigent, et nous serions heureux d'avoir contribué, p nos endiguements de la baie de Bourgneuf, à appeler de nouveau l'a tention générale sur ces utiles opérations.

Mars, 1867.

PIÈCES DIVERSES JOINTES A CE MÉMOIRE.

I. *Analyses des terres des polders de Bouin et de Noirmoutiers.*

Ces analyses ont été faites au laboratoire de l'École impériale des pon et chaussées. Elles comprennent des lais de mer non encore endigués des polders renfermés depuis un temps plus ou moins long.

II. *Procès-verbal de la commission mixte chargée de l'enquête relative à la demande de concession du polder de Beauvoir.*

La commission mixte était composée d'un chef de bataillon du gén d'un inspecteur des douanes, d'un commissaire de l'inscription ma time, d'un ingénieur ordinaire des ponts et chaussées et d'un receve de l'enregistrement et des domaines.

Au procès-verbal de cette commission, sont jointes les adhésions d directeur des fortifications de Nantes, du commissaire général de marine à Rochefort, du directeur de l'enregistrement et des domaines Napoléon-Vendée, de l'ingénieur en chef des ponts et chaussées du d partement et du directeur des douanes et des contributions indirectes Napoléon.

rocès-verbal renferme donc l'avis motivé de dix agents de l'admi-
ion.

emande de concession du polder de Beauvoir avait été présentée nvier 1862 par la Société d'endiguement; la mise en adjudication ue a eu lieu le 19 septembre 1863, c'est-à-dire 21 mois après la tation de la demande. Le prix de l'adjudication a été de 200 fr. re.

III. *Observations météorologiques.*

ableau donne la quantité d'eau tombée à Bouin pendant les trois 1864, 1865 et 1866 (*voir* page 216).

utre tableau donne pour chaque jour de l'année 1866, les observa- u baromètre, du thermomètre, du psychromètre et du pluviomètre, e l'atmosphère, la direction du vent et la hauteur de la marée du jour) (*voir* page 217).

éro de l'échelle des marées est au pied de nos digues, soit à 0^{m},70 sus du niveau moyen de la mer.

s avons fait des observations semblables pour les années précé-

s représentons aussi, à l'aide de *courbes* (PL. 81) les diverses obser- météorologiques. Les dessins joints à ce mémoire donnent les ıx des années 1861 et 1862.

ı des tableaux spéciaux représentent les hauteurs des marées (une pour chaque mois). Nous donnons les marées des années 1864 et PL. 80).

IV. *Comptabilité.*

s n'avons pas d'entrepreneur pour nos travaux. Nous payons di- ent les ouvriers.

trouvera (PL. 83), le mode d'établissement de notre compta- les bordereaux de payement des ouvriers, à la journée et à la par quinzaine, les bordereaux récapitulatifs des dépenses du mois, ports de chaque jour et de chaque semaine, etc.

me le nombre des ouvriers est considérable, il importe que toutes verses pièces soient tenues avec ordre et avec une grande régula-

V. *Dessins.*

planches contiennent la carte générale de la baie de Bourgneuf à asse, le plan du polder du Dain pendant l'exécution des travaux, ı du même polder en culture, les détails de construction des digues, profils de digues ; les dessins d'un aqueduc de prise d'eau et ceux

d'un *coëf* ou conduite en bois pour l'écoulement des eaux ; le mode d transport d'un coëf ; le mode du battage des récoltes, la coupe en traver d'un grenier ; et enfin les tableaux météorologiques et les courbes de hauteurs des marées.

ANNEXE I.

Analyses des terres.

I.

ÉCOLE IMPÉRIALE
des
PONTS ET CHAUSSÉES.

LABORATOIRE.

Extrait du Registre des Essais.

Quatre échantillons de polders de la baie de Bourgnei (Vendée), remis par M. Le Cler, ingénieur, 12, r de l'Abbaye-Saint-Germain.

L'analyse de ces produits a donné :

1° Constitution physique.

DÉSIGNATION des MATIÈRES.	N° 1. — Terre d'un polder (dit polder *du Dain*), endigué en 1862. Les digues ont été fermées le 20 juin dernier, et la mer n'a pas couvert le terrain depuis cette date.	N° 2. — Terre du polder des Champs (100 hectares), endigué en 1860. Cette terre a donné deux récoltes de froment (la 1re en 1861, la 2e en 1862.)	N° 3. — Terre provenant d'une partie du même polder (2 hect. environ), qui, quoique cultivée comme le reste du polder, n'a donné qu'une récolte à peu près nulle.	N° 4. — Sous-sol 1m.00 de profon deur au-dessou d'une partie sa blonneuse de troi hectares du mêm polder.
Débris végétaux....	»	0.13	0.10	»
Cailloux..........	»	»	1.00	»
Gros sable........	»	0.24	débris de coquilles. 1.90	coquilles. 0.45
Sable fin.........	3.80	16.00	30.75	8.00
Argile et matières entraînées par l'eau.	96.20	83.63	66.25	91.55
	100.00	100.00	100.00	100.00

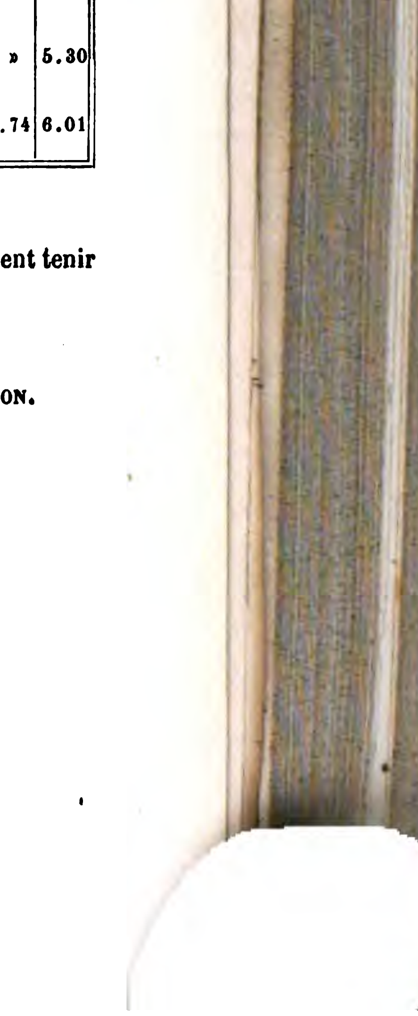
2° Composition chimique.

DÉSIGNATIONS.	Eau et matières combustibles non compris l'azote.	Azote.	Résidu insoluble dans les acides.	Alumine et peroxyde de fer.	Carbonate de chaux.	Carbonate de magnésie.	Chlorure de sodium.	Autres sels solubles dans l'eau et matières non dosées.
Terre d'un polder (dit polder), endiguée en 1862. Les di- t été fermées le 20 juin der- la mer n'a pas couvert le depuis cette date.........	11.84	0.16	58.96	8.80	11.00	1.85	1.76	5.63
Terre du polder des Champs ct.), endiguée en 1860. Cette donné deux récoltes de fro- a 1re en 1861, et la 2e en	7.84	0.16	66.24	11.96	4.93	3.86	»	5.01
Terre provenant d'une partie ne polder (2 hect. environ), ique cultivée comme le reste er, n'a donné qu'une récolte rès nulle..............	7.84	0.16	69.00	9.20	6.57	1.93	»	5.30
Sous-sol à 1 mètre de pro- au-dessous d'une partie euse du même polder.....	25.94	0.06	56.24	8.14	1.32	1.55	0.74	6.01

chantillons renferment des traces d'acide phosphorique.
ifférences de qualité signalées entre le n° 2 et le n° 3 doivent tenir ues propriétés physiques du sous-sol.

Paris, le 28 avril 1863.

Signé : Hervé Mangon.



2.

ÉCOLE IMPÉRIALE
des
PONTS ET CHAUSSÉES.

LABORATOIRE.

Extrait du Registre des Essais.

Échantillon de terre provenant du polder de la Coupelasse (Bouin) (Vendée).

L'analyse de ces produits a donné :

Résidu insoluble dans les acides.	58,20
Alumine, peroxyde de fer..	8,28
Chaux.	3,35
Magnésie.	4,35
Alcalis	4,45
Chlore	4,05
Acide phosphorique.	0,32
Acide carbonique et produits non dosés.	17,00
	100,00

Cette terre renferme 0,23 p. 100 d'azote.

Cette terre paraît être une espèce de vase qui serait d'une grande fer-lité et pourrait être, dans beaucoup de cas, employée comme amend-ment.

Paris, le 22 septembre 1862.

Signé : HERVÉ MANGON.

Vu par l'Inspecteur de l'École,
pour l'Inspecteur absent :
Signé : HERVÉ MANGON.

DÉSIGNATIONS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Débris végétaux	»	0.18	0.05	0.10	0.05	»	0.02	0.28	0.10	0.26	0.17	0.47	0.17	0.20	0.03	0.02
Cailloux	0.05	»	»	»	»	»	»	»	0.90	1.85	1.05	0.65	0.56	»	0.86	7.45
Sable gros	0.02	0.11	0.12	0.11	0.09	0.06	0.13	0.16	0.44	0.33	8.40	5.80	2.53	0.20	1.78	12.14
Sable fin	0.60	0.38	1.10	1.40	0.60	0.25	1.10	3.60	29.10	8.43	42.43	27.68	17.85	2.50	69.96	70.94
Matières entraînées par l'eau	99.33	99.38	98.73	98.39	99.26	99.69	98.75	95.96	69.46	89.13	47.95	65.40	78.89	97.10	27.37	9.45
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

2° Constitution chimique.

DÉSIGNATIONS.	Eau et matières combustibles et non compris l'azote.	Azote.	Résidu insoluble dans les acides.	Alumine et peroxyde de fer.	Carbonate de chaux.	Carbonate de magnésie.	Chlorure de sodium.	Autres sels solubles dans l'eau et matières non dosées.
N° 1. Lais de mer de la Coupelasse (non encore endigué, baigné par la mer dans les vives eaux)	11.45	0.15	60.99	9.72	6.51	1.86	2.65	6.67
N° 2. Polder Saint-Céran, en culture depuis 25 ans	11.25	0.15	73.54	4.43	4.75	traces.	traces.	5.88
N° 3. Polder Saint-Céran, en culture depuis environ 40 ans.	10.45	0.15	75.10	6.26	4.79	»	traces.	3.25
N° 4. Polder Luminais, plus ancien	10.80	0.12	73.94	6.24	4.77	faibles traces	traces.	4.13
N° 5. Autre polder ancien	10.85	0.11	73.90	6.23	4.77	»	faibles traces	4.14
N° 6. Sous-sol du polder précédent à 0m,60 au-dessous du sol.	15.22	0.10	67.74	7.62	4.54	traces.	traces.	4.78
N° 7. Très-ancien polder	9.11	0.09	73.55	9.08	3.24	traces.	traces.	4.93
N° 8. Polder Phelippe, partie haute	10.60	0.12	64.28	9.82	7.96	3.75	traces.	3.47
N° 9. Idem. partie basse	6.48	0.08	65.41	8.41	13.35	3.92	traces.	2.35
N° 10. Polder qui précède le polder Phelippe	9.69	0.11	67.65	9.82	4.83	1.89	faibles traces	6.01
N° 11. Terre de la commune de Barbatre, réputée très-bonne.	5.78	0.10	66.83	6.59	15.13	1.98	traces.	3.59
N° 12. Idem. terre moyenne	8.36	0.12	69.56	8.24	9.80	1.92	traces.	2.00
N° 13. Idem. terre mauvaise	9.04	0.12	72.64	8.18	4.87	1.91	faibles traces	3.24
N° 14. Polder de Barbatre, partie de Cailla (renclos en 1855).	8.99	0.17	65.40	10.90	8.10	1.91	faibles traces	4.53
N° 15. Idem. partie de Gatine	2.52	0.04	77.95	4.87	10.44	4.09	traces.	0.09
N° 16. Idem. partie de la Bassolière	0.38	0.02	77.59	0.99	17.79	2.09	traces.	1.04

Ces échantillons renferment des traces d'acide phosphorique.

Les différences de qualité de ces terres tiennent sans doute à des co[illegible] ditions physiques du sous-sol. Les analyses ci-dessus n'expliquent p[illegible] tous les faits signalés.

Paris, le 28 avril 1863.

Signé : HERVÉ MANGON.

Vu par l'Inspecteur de l'École :
Signé : CAVALIER.

4.

ÉCOLE IMPÉRIALE
des
PONTS ET CHAUSSÉES.
—
LABORATOIRE.

Extrait du Registre des Essais.

Échantillons de terre de polders de la Vendée, envoyés par M. Le Cler, ingénieur civil.

Tous ces échantillons ont à peu près le même aspect physique; l[illegible] teinte est grisâtre. Ils portaient à leur arrivée à l'École les étiquettes s[illegible] vantes :

N° 1. — Dépôt récent, formé depuis deux ou trois mois;
N° 2. — Dépôt couvert d'herbes;
N° 3. — Terre de Bouin en culture;
N° 4. — Polders de Barbatre, île de Noirmoutiers. Échantillon A (Cailla[illegible]
N° 5. — — — Échantillon E (Gatin[illegible]
N° 6. — — — Échantil. C (Bassotièr[illegible]
N° 7. — Plaine de l'île de Noirmoutiers (terre en culture depuis longtem[illegible]

La lévigation opérée sur ces différents échantillons, sauf le 5e, qui [illegible] pu être examiné à ce point de vue, faute de matière, a donné les résult[illegible] suivants :

	1	2	3	4	5	6	7
Débris organiques non décomposés	»	0.83	0.39	»	»	à peine.	à pe[illegible]
Sable fin et très-terreux	22.74	33.10	25.25	59.90	»	76.15	28.[illegible]
Sable gros	0.70	»	1.30	0.70	»	1.35	6.[illegible]
Graviers	»	»	»	»	»	»	[illegible]
Parties ténues entraînées par l'eau	76.56	66.07	73.06	39.40	»	22.50	64.[illegible]
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.[illegible]

L'analyse chimique a donné :

	1	2	3	4	5	6	7
Eau hygrométrique perdue à 104°.....	9.75	5.65	4.50	2.15	3.30	1.90	2.95
Eau combinée, matières organiques ou volatiles au rouge................	9.55	7.88	8.30	5.93	6.87	8.47	7.91
Résidu argilo-siliceux insoluble dans les acides............................	61.70	68.85	74.00	72.10	69.65	71.90	77.60
Alumine et peroxyde de fer..........	6.75	7.20	8.45	4.60	6.10	4.00	4.20
Carbonate de chaux................	7.85	7.67	1.80	10.82	11.18	7.58	7.14
Carbonate de magnésie..............	traces.	0.15	0.15	0.40	0.25	0.20	traces.
Alcalis et matières non dosées........	4.40	2.60	2.80	4.00	2.65	5.95	0.20
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Azote pour 100.............	0.18	0.15	0.18	0.24	0.15	0.18	0.21

Ces différentes terres, traitées par l'eau distillée, ont abandonné à ce liquide pour 100 parties de produit les quantités suivantes de produits solubles dans l'eau.

	1	2	3	4	5	6	7
Matières organiques................	0.562	0.235	0.019	0.056	»	0.118	0.031
Sels minéraux......................	0.100	0.211	0.046	0.066	»	0.203	0.027
Sels alcalins (principalement chlorure de sodium)........................	2.510	2.395	0.045	0.392	»	0.136	0.048
Total pour 100 parties de terre.......	3.172	2.841	0.110	0.514	»	1.457	0.106

Les terres du polder de Barbastre sont beaucoup plus salées que celles en culture qui les environnent et qui sont depuis longtemps lavées par les eaux de pluie. Ces terres sont d'ailleurs bien composées et rien dans l'analyse ne peut faire supposer qu'elles ne sont pas propres à la culture du colza.

Paris, le 16 juillet 1858.

Signé : HERVÉ MANGON.

ANNEXE II.

Procès-verbal de la Commission mixte chargée d l'enquête relative à la demande de concession d polder de Beauvoir[1].

DOMAINES DE L'ÉTAT.

Lais de mer de Beauvoir.

BAIE DE BOURGNEUF.

COMMISSION MIXTE
DES TRAVAUX PUBLICS AU 1er DEGRÉ.

Concession d'un lais de mer situé entre l'étier du D et la concession des héritiers Weyler de Navas, d'u contenance totale de 153 hectares 52 ares 12 centiar

---

Le vingt-quatre juin mil huit cent soixante-deux, sur l'initiative l'ingénieur des ponts et chaussées à la résidence de Napoléon-Vend agissant en vertu des instructions qui lui ont été transmises par M. l'i génieur en chef des ponts et chaussées ;

Les soussignés :

Juge, chef de bataillon du génie à Napoléon-Vendée;

Blutel, inspecteur des douanes, délégué par M. le directeur des douan et des contributions indirectes;

Fleury, commissaire de l'inscription maritime à Noirmoutiers, délég par M. le préfet maritime à Rochefort;

Dingler, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées, chargé de l'arr dissement de l'Ouest;

Parenteau, receveur de l'enregistrement à Challans, délégué par M directeur des domaines du département;

Se sont réunis en conférence à Beauvoir pour examiner au point vue des divers intérêts qu'ils représentent, le projet de la concess d'un lais de mer de cent cinquante-trois hectares cinquante-deux a douze centiares, situé entre l'étier du Dain et la concession des hériti

1. La demande de concession a été présentée le 6 janvier 1862 et la mise en adjudica publique a eu lieu le 19 septembre 1863.

e Navas, demandé par M. Le Cler, directeur de la société d'en-
nt.

nieur ordinaire des ponts et chaussées a exposé que le terrain
forme un polder indiqué par les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6 sur le
ssé le 15 mars 1862 par le service des ponts et chaussées, lequel
exé au présent procès-verbal;

terrain est à peu près pris en totalité au-dessus du niveau des
ers de mortes eaux;

projet d'aliénation a été soumis à l'enquête dans la commune
voir, qu'aucune opposition n'a été faite au projet de concession,
n le conseil municipal a émis un avis favorable.

f de bataillon du génie, considérant que le lais de mer qu'il
concéder est situé entre l'étier du Dain, qui sépare la commune
et de Beauvoir et l'entrée du passage du Goa, par lequel on
ique à marée basse du continent à l'île de Noirmoutiers;

digue qu'on doit construire pour renclore le nouveau polder
a de 700 mètres environ en avant de l'ancienne chaussée et que
ne ouest de cette digue sera à 700 mètres du Goa;

érant que tous les travaux qui tendent à diminuer la distance
e Noirmoutiers au continent, sont avantageux à la défense, puis-
dent plus difficile l'occupation de cette île par l'ennemi;

'un autre côté, la digue projetée permettra aux troupes de la
e couvrir le passage du Goa de feux de mousqueterie et même
e, dans le cas où, l'ennemi occupant en force l'île de Noirmou-
drait déboucher sur le continent, a émis l'avis:

onvient, dans l'intérêt du service militaire, d'autoriser la con-
u lais de mer en question, pourvu qu'il soit stipulé sur le cahier
ges de cette concession, qu'en cas de guerre les troupes et agents
e militaire auront le droit de circuler sur les digues, et d'y
'il est nécessaire, des batteries sans que les concessionnaires
réclamer aucune indemnité pour cette occupation temporaire.

pecteur des douanes et M. le commissaire de l'inscription ma-
t déclaré, qu'au point de vue des services qu'ils représentent,
ent aucun inconvénient à ce que la concession du terrain en
soit faite, pourvu que le droit de libre parcours sur les nou-
ues soit expressément réservé aux agents de leurs administra-

ceveur de l'enregistrement a déclaré ne pas s'opposer à la con-
emandée; mais il pense qu'il « n'y a pas lieu de procéder par
concession directe, comme le demande M. Le Cler, directeur
ociété générale d'endiguement, parce que, dans le canton de
ir, l'agriculture manque de bras plutôt que de terre, et que la
des bonnes terres y est telle, qu'il y a lieu d'espérer une utile
rence, » sans crainte pour l'État de compromettre, en la provo-

quant, les justes bénéfices auxquels le dessécheur a droit en échange
sacrifices et des risques qu'il doit supporter.

L'ingénieur ordinaire des ponts et chaussées ayant fait ensuite obser
que l'article 38 du projet du cahier des charges impose aux concessi
naires les conditions réclamées par M. le chef de bataillon du gé
M. l'inspecteur des douanes, M. le commissaire de l'inscription mariti
la Commission a été d'avis « qu'il y avait lieu de procéder par
« d'adjudication publique à la concession du polder en question aux
« ditions énoncées dans le cahier des charges joint au dossier. »

Le présent procès-verbal a été clos en la mairie de Beauvoir, les j
mois et an que dessus.

Signé : JUGE, PARENTEAU, BLUTEL, FLEURY, DINGLER.

Adhésion du Directeur des fortifications.

Le directeur des fortifications à Nantes,

Après avoir pris connaissance du projet de concession d'un lais de
situé entre l'étier du Dain et la concession des héritiers Weyler de N
d'une contenance totale de 153 hectares 52 ares 12 centiares,

Usant de la faculté qui m'est conférée par l'article 18 du décr
16 août 1853,

Donne, au nom du département de la guerre, adhésion pure et si
à l'aliénation projetée.

Signé : RAIMBAULT.

Le commissaire général de la marine à Rochefort,

Usant de la faculté que lui confère l'art. 18 du décret du 16 août
adhère, au nom du département de la marine, à l'aliénation pro
sous la réserve que le droit de libre parcours sur les digues à const
soit expressément réservé aux agents de son administration.

Rochefort, le 31 août 1862.

(*Signature illisible.*)

Le directeur de l'enregistrement et des domaines, soussigné,

Usant de la faculté qui lui est conférée par l'article 18 du décr

: 1853, adhère complétement à l'opinion émise par la Commis-
ixte, en insistant sur les avantages que présente une adjudication
ie.

Napoléon-Vendée, le 18 septembre 1862.

Signé : Dumont.

énieur en chef des ponts et chaussées, soussigné, n'a rien à ajou-
détails donnés au présent procès-verbal par M. l'ingénieur ordi-
ingler, et ne peut qu'émettre l'avis qu'il y a lieu de procéder par
djudication publique à la concession du polder en question, aux
ons énoncées dans le cahier des charges ci-annexé.

Napoléon-Vendée, le 9 octobre 1862.

Signé : Forestier

---

ertu de l'article 18 du décret du 16 août 1853, le directeur des
; et des contributions indirectes à Napoléon, adhère, au nom de
ninistration, à la concession projetée, sous la réserve du droit de
s sur les digues, comme l'a demandé M. l'inspecteur des douanes
voir.

Napoléon-Vendée, le 3 septembre 1862.

Signé : Foubert.

Pour copie conforme :

Le conseiller général de préfecture, secrétaire général.

ANNEXE III.

Observations météorologiques.

Quantité d'eau (en millimètres) **recueillie au Pluviomètre à Bouin** (Vend
EN 1864, 1865 ET 1866.

MOIS.	1864.	1865.	1866.
Janvier	43.10	138.75	74.50
Février	44.75	67.25	98.25
Mars	79.50	45.00	75.25
Avril	6.25	29.50	21.00
Mai	50.85	53.75	33.75
Juin	38.45	34.50	67.25
Juillet	14.25	42.00	75.50
Août	50.25	124.50	69.70
Septembre	85.25	1.75	153.00
Octobre	39.75	156.40	32.25
Novembre	122.50	91.50	42.50
Décembre	59.25	50.25	60.25
	634.15	835.15	803.20

Voir ci-contre les Tableaux sur les Observations météorologiques de 1866.

Mo… et d…	Heu… de l'o… vati…	Barom…	Thermomètre. Sec.	Thermomètre. Mouillé.	Saturation.	Pluvi…	… de l'atmosphère.	… du vent.
1	8h	761	7	6.1	87	0.00	Assez beau.	N.
2	8	768	5	5	100	0.00	Id.	S.
3	8	770	9	8.7	96	4.50	Id.	N.
4	8	764	5.2	5	97	0.00	Id.	S.
5	8	763	8	8	100	0.00	Id.	O.
6	8	768	4.8	4.7	97	0.00	Beau.	O.
7	8	767	7	6.5	94	1.75	Passable.	O. fort.
8	8	760	11.2	11.2	100	8.25	Mauvais.	O. fort.
9	8	752	7.8	6.6	83	4.75	M., Tonnerre.	N. O. temp.
10	8	757	7.2	6	83	21.00	Pas. gr. temp.	ONOàOSO.
11	8	737	8.8	7.5	82	5.00	M., Tempête.	O. à O.N.O.
12	9	762	5.8	5.5	94	4.25	Passable.	N. O.
13	9	767	8.8	8.8	100	1.50	Id.	O. S. O.
14	8	770	9.9	9.9	100	1.00	Id.	S. O. à O.
15	8	769	10.2	10.2	100	0.00	Beau.	O. N. O.
16	8	772	9	8.5	93	2.00	Passable.	S. O. à O.
17	8	776	9.3	9	96	0.00	Assez beau.	N. O. à O.
18	8	772	9	8.5	93	1.00	Id.	S.
19	8	767	8.6	8.5	98	0.00	Id.	O. S. O.
20	9	764	10.8	10.4	95	0.00	Id.	S. O.
21	8 1/2	766	9.2	9.1	98	0.00	Id.	S.
22	8	769	11.2	11.1	100	5.00	Passable.	S. à S. O.
23	9	772	9.5	8.9	92	0.50	Assez beau.	N. à N. O.
24	8 1/2	779	6.4	6.1	96	0.00	Id.	N. à N. E.
25	8	780	2.7	2.7	99	0.00	Beau.	N. E.
26	8	777	3.6	3.4	96	0.00	Beau.	E.
27	8	773	2.8	3	100	0.00	Assez beau.	E. à S.
28	8	769	6.2	6.2	100	0.00	Passable.	S. O.
29	9	768	9.5	8.9	92	14.00	Beau.	S. S. O.
30	9	769	10.2	10.2	100	0.00	Beau.	S. S. O.
31	8	759	11	10.6	94	0.00	Assez beau.	S. S. O.

Mo… et d…	Heu… de l'o… vati…	Barom…	Thermomètre. Sec.	Thermomètre. Mouillé.	Saturation.	Pluvi…	… de l'atmosphère.	Direction du vent.
1	8h	759	12.0	12.0	100	7.00	Passable.	O. S. O.
2	8	762	13.0	12.2	90	3.25	Id.	O. S. O.
3	7 1/2	769	9.0	8.5	93	1.00	Id.	O. S. O.
4	8	769	11.2	11.1	100	0.00	Id.	S. S. O.
5	8	771	11.2	10.6	99	2.00	Assez beau.	N. O.
6	8	771	12	12	100	3.75	Id.	O. N. O.
7	9	768	12.2	11.4	91	0.00	Id.	O.
8	8	771	8.0	7.8	97	1.25	Beau.	O. N. O.
9	9	766	12.0	11.8	98	0.00	Beau.	O. S. O.
10	8	764	5.2	5.0	97	3.00	As. beau, gr. t.	O. S. O.
11	8	753	9.0	8.4	93	5.00	Mauvais.	S. S. O.
12	8	757	11.2	11.0	97	4.00	Passable.	S. S. O.
13	8 1/2	764	8.0	7.0	85	5.00	Assez beau.	N. O.
14	8	763	13.0	12.2	90	6.00	Id.	O. N. O.
15	8	761	8.0	7.0	85	3.00	Id.	O.
16	8	761	11.0	10.6	94	1.50	Passable.	O. S. O.
17	8	764	9.4	9.4	100	7.75	Id.	S. S. O.
18	8	761	7.0	6.2	88	4.00	Id.	N. E.
19	8	763	2.4	1.8	88	0.00	Id.	N. E.
20	8	760	3.6	3.0	91	1.25	Mauvais.	N. E.
21	8	768	3.0	3.0	98	17.00	Mauvais	N. E.
22	8	772	1.0	1.0	100	0.00	Assez beau.	N. E.
23	8	769	10.2	10.4	100	0.00	Id.	O.
24	8	771	11.2	10.6	69	0.00	Id.	N. O.
25	8	765	12.2	11.4	91	0.00	Passable.	O.
26	8	751	9.0	8.5	93	5.50	Id.	O.
27	8	751	4.2	4.0	100	0.00	Assez beau.	S. S. E.
28	8	745	3.0	2.8	95	17.00	Passable.	N.

Mars 1866.

Mois et dates.	Heure de l'observation.	Baromètre.	Psychromètre. Thermomètre. Sec.	Psychromètre. Thermomètre. Mouillé.	Saturation.	Pluviomètre.	État de l'atmosphère.	Direction du vent.
1	8h	750	5.0	4.8	98	6.50	Passable.	S.
2	8	752	4.8	4.8	99	0.00	Assez beau.	E. N. E.
3	8	755	4.2	3.6	90	0.00	Beau.	E. N. E.
4	8	757	3.3	3.2	98	7.00	Mauvais.	E.
5	8	759	5.8	5.7	97	1.00	Assez beau.	N. E.
6	8	755	7.4	7.2	98	12.50	Mauvais.	S. O. à O. fort
7	8	750	5.2	5.0	97	7.50	Id.	O. très-fort.
8	8	753	5.1	5.0	97	0.00	Assez beau.	N. N. O.
9	8	762	3.0	2.8	95	1.75	Passable.	N. N. E. fort.
10	8	769	5.8	4.8	84	0.00	Assez beau.	N. E. fort.
11	8	772	2.5	2.3	97	0.00	Id.	N. E.
12	8	765	5.0	4.5	92	0.00	Id.	O.
13	8	756	6.0	5.6	93	0.00	Id.	N. O.
14	8	756	2.0	1.8	95	0.00	Id.	N.
15	1	748	10.5	9	80	3.25	Passable.	S. E. très-fort
16	9 1/2	744	9.3	8.3	92	3.25	Id.	S. très-fort.
17	9 1/2	747	7.8	7.3	92	3.75	Mauvais.	S. O. fort.
18	1	748	12.5	10.8	80	1.75	Passable.	S. à S. O.
19	9 1/2	745	8.8	8.3	91	0.00	Assez beau.	S. E.
20	9 1/2	746	11.2	9.9	84	4.50	Passable.	S. E.
21	9 1/2	751	11.3	10.4	88	0.00	Assez beau.	N. E.
22	7 1/2	761	5.4	4.6	86	0.00	Id.	N. N. E.
23	12	753	10.2	7.8	76	9.75	Passable.	S. très-fort.
24	9	758	11.8	10.7	87	5.00	Mauvais.	O. S. O.
25	9 1/2	767	11.4	10.1	84	0.00	Assez beau.	N. O. fort.
26	9	772	12.2	12.1	100	1.75	Id.	O. N. O.
27	1	772	14.8	12.7	78	0.00	Id.	N. O.
28	1 1/2	774	13.5	13	94	0.00	Id.	O.
29	1 1/2	772	12.3	11.8	95	0.00	Id.	N. O.
30	1 1/2	772	13	12.5	94	0.00	Id.	[illegible]

Avril 1866.

Mois et dates.	Heure de l'observation.	Baromètre.	Psychromètre. Thermomètre. Sec.	Psychromètre. Thermomètre. Mouillé.	Saturation.	Pluviomètre.	État de l'atmosphère.	Direction du vent.
1	1h	755	10.9	9	76	8.00	Mauvais.	O.
2	10 1/2	756	11.4	9.6	78	0.50	Assez beau.	O. S. O.
3	8	757	10.2	9.3	89	0.00	Id.	S. S. O.
4	9 1/2	760	11.2	10	85	1.50	Id.	N. N. O.
5	7 1/2	758	9.9	9.3	90	0.00	Id.	S. S. E.
6	8 1/2	760	10	8.8	94	3.00	Id.	E. S. E.
7	7	760	9.4	8.8	91	0.00	Id.	S. S. O.
8	9 1/2	761	13.2	11.6	82	0.00	Id.	N. E.
9	8	761	11	10.1	86	0.00	Id.	N. à N. O.
10	3 1/2	762	17.4	14.2	69	0.75	Id.	S. S. O.
11	6 1/2	759	12.3	11.6	91	4.00	Passable.	S. à S. O.
12	1	761	15	14	89	0.50	Assez beau.	S. S. O.
13	8	768	13.1	11.5	82	0.00	Id.	S. O.
14	1	769	14.6	12	69	0.00	Id.	N. O.
15	1	773	14.5	11.9	73	0.00	Id.	O.
16	7	772	11.1	10.8	98	0.00	Id.	S. à S. O.
17	7	772	12	11.2	90	0.00	Id.	N. E.
18	4	767	22.7	18.4	65	0.00	Beau.	N. E.
19	8	762	15.8	14.4	86	0.00	Assez beau.	N. E. à O.
20	9	764	14.6	12.6	78	0.00	Id.	N. O.
21	9	768	15.5	13.4	78	0.00	Id.	N. O.
22	9	769	16	14	80	0.00	Id.	E.
23	9	764	12.8	9.6	64	0.00	Id.	E. N. E. fort.
24	1	761	19.4	15.6	65	0.00	Id.	E. S. E.
25	6 1/2	762	12.6	11.8	90	0.00	Id.	S. S. E.
26	6 1/2	760	14.2	12.5	81	0.00	Id.	S. E.
27	3	758	23.5	19.2	65	0.00	Id.	S.
28	6 1/2	755	16.4	15.9	96	0.00	Id.	S.
29	12	750	12.1	16.1	75	0.00	Id.	N. E.
30	7 1/2	752	11.6	10.9	91	2.75	Id.	N. E. fort.

Mois et dates	Heure de l'observation	Baromètre	Thermomètre. Sec.	Thermomètre. Mouillé.	Saturation	Pluviomètre	État de l'atmosphère.	Direction du vent.
1	9h	750	11.2	10.4	90	0.00	Assez beau.	N.
2	8 1/2	755	11.1	9.5	79	3.50	Id.	N. N. O.
3	10	757	12.6	10.7	77	2.50	Id.	O.
4	8	760	10.4	9.9	94	1.00	Id.	N. O.
5	8	764	19.2	8.7	92	0.00	Id.	E. N. E. à O.
6	9	767	16.5	15.5	90	0.00	Id.	E. N. E.
7	8	767	14.8	14.4	96	0.00	Beau.	N. E.
8	8	766	16.2	14	78	0.00	Id.	N. E.
9	10	763	18.5	16.1	77	0.00	Assez beau.	O.
10	10	768	15	14	81	0.00	Beau.	N. O.
11	2	764	15	14.4	93	2.25	Assez beau.	O.
12	6 1/2	762	9.8	8.7	85	0.50	Passable.	O. fort.
13	11 1/2	765	14.8	12	70	0.50	Id.	N. N. O.
14	7	768	10.3	8.8	80	1.50	Id.	O. à N. O.
15	8 1/2	767	13.4	11.8	82	0.00	Assez beau.	E.
16	7 1/2	768	11	9.5	81	0.00	Id.	E.
17	7 1/2	770	13	12.1	80	0.00	Beau.	E.
18	1	768	23.2	17.5	54	0.00	Id.	E. S. E.
19	12	765	23.6	17	48	0.00	Id.	E. à S. E. fort
20	8	768	14	11.7	75	0.00	Id.	E. fort.
21	8	767	15	11.8	73	0.00	Id.	E. très-fort.
22	9	761	17.2	14.2	70	0.00	Id.	Id.
23	9	760	17.3	14.8	75	0.00	Id.	E. fort.
24	6	758	10.2	7.3	70	0.00	Assez beau.	E.
25	8 1/2	752	11	10.2	90	7.25	Passable.	E. N. E.
26	3	756	18.4	15.6	73	0.00	Assez beau.	O.
27	10	760	13	13	100	2.00	Id.	O.
28	7	759	16.6	15.7	91	0.75	Id.	S. O.
29	8	758	17.6	15.6	80	0.00	Id.	N. O.
30	8 1/2	765	14.9	12.8	78	0.00	Id.	N.
31	8	756	16	14.7	87	12.00	Passable.	S. O.

Mois et dates	Heure de l'observation	Baromètre	Thermomètre. Sec.	Thermomètre. Mouillé.	Saturation.	Pluviomètre	État de l'atmosphère.	Direction du vent.
1	9h	753	15.6	14.2	85	4.75	Passable.	S. S. O. fort.
2	8	757	17.7	15.8	81	26.00	Assez beau.	S. orage.
3	7 1/2	754	16.6	15.8	92	0.50	Id.	S. S. E.
4	6 1/2	762	14.2	13.7	95	0.25	Id.	O. S. O.
5	9	764	14.2	13	87	5.25	Passable.	O.
6	8 1/2	766	17.2	15.9	87	0.00	Assez beau.	S. O.
7	8	767	19	16.8	80	0.00	Id.	S.
8	10	779	24.8	20.5	66	0.00	Beau.	E.
9	6	769	17.8	16.4	86	0.00	Id.	E.
10	6	767	24.8	21.2	71	0.00	Assez beau.	E. à N. O.
11	6	769	15.6	13.6	79	0.00	Id.	N. à O.
12	7	760	17.5	16.4	89	0.00	Id.	O.
13	7	761	16	13.8	77	0.00	Id.	O.
14	8	765	15.6	13.8	80	0.00	Id.	N.
15	6	767	15	13.6	85	2.25	Id.	O.
16	8	763	16.4	15.4	90	0.00	Id.	N. O. fort.
17	5	760	16.6	12.9	63	0.00	Id.	N. O. fort.
18	9	762	17.4	13.9	65	0.00	Id.	O. S. O. fort.
19	8	761	16.9	16.5	96	10.00	Passable.	O. S. O.
20	8	765	18.8	17.6	89	0.00	Assez beau.	O.
21	10	760	23.6	21.6	84	17.00	As. beau, orage	S. E.
22	7	762	19.2	18	89	0.00	Assez beau.	N. N. O.
23	6	764	17.6	17	94	0.00	Id.	E.
24	2	763	28.5	22.5	56	0.00	Id.	E.
25	12	762	31.2	24.2	54	0.00	Beau.	E.
26	6	761	20.7	19.4	89	0.00	Id.	N. E.
27	7	761	22.9	19.9	75	0.00	Id.	N. E.
28	7	762	22.8	21	85	1.25	As. beau, orage	S. O.
29	8	762	23.4	21.4	81	0.00	Assez beau.	E.
30	8	764	21.8	20	84	0.00	Id.	N. N. fort.

Juillet 1866.

Mois et dates.	Heure de l'observation.	Baromètre.	Psychromètre. Thermomètre. Sec.	Psychromètre. Thermomètre. Mouillé.	Psychromètre. Saturation.	Pluviomètre.	État de l'atmosphère.	Direction du vent.
1	4h	761	18.4	15.7	75	4.50	Pass., grains.	O. N. O. fort.
2	8	757	15.6	15.2	96	10.75	Mauv., grains.	O.S.O.àO.t.f
3	8	756	14.9	13.3	83	17.75	Mauvais.	O. fort.
4	8	758	17.3	15.7	84	1.00	Assez beau.	O. fort.
5	9	758	17.6	15.8	82	1.75	Id.	O. S. O.
6	9 1/2	758	17.9	16	83	4.75	Id.	O. S. O.
7	5 1/2	764	15.8	14.2	83	0.00	Id.	N. O.
8	1	771	21	17	65	0.00	Id.	N. O.
9	1	772	21.6	17.7	66	0.00	Beau.	N. O.
10	12 1/2	771	28.3	23.8	68	0.00	Id.	N. E.
11	7	767	22.8	20	85	0.00	Assez beau.	E. fort.
12	7	766	21.8	20	85	0.00	Id.	S. E.
13	8	768	22.2	20	81	0.00	Id.	N.
14	9	767	23.5	21.2	81	0.00	Id.	N. N. E.
15	9	767	22.4	20.6	85	0.00	Id.	O.
16	9	765	20	19	91	0.00	Id.	S. O. à N. O.
17	8	762	22.8	21	85	0.00	Id.	N. N. O.
18	11	761	24.7	21.7	76	3.50	Id.	O.
19	8	762	18.9	18.4	96	2.00	Passable.	O. N. O.
20	8	766	20	18	82	0.00	Assez beau.	N. O.
21	9	767	22.2	19.9	81	0.00	Id.	N. N. E.
22	9	765	24.2	21.7	80	0.00	Id.	N. E.
23	3 1/2	760	23.8	23.5	98	24.75	Orage.	E.
24	10	761	21.7	19.9	85	0.00	Assez beau.	E.
25	12	767	22	17.3	60	0.00	Id.	N. N. E.
26	11 1/2	767	23.4	19.6	69	0.00	Id.	N. E.
27	8 1/2	763	19.3	16.8	77	0.00	Id.	N. N. O.
28	7	758	18	17	90	3.25	Id.	O.
29	12	761	21·4	18	71	0.00	Id.	N. O. fort.
30	8	764	18	16	81	0.00	Id.	N.

Août 1866.

Mois et dates.	Heure de l'observation.	Baromètre.	Psychromètre. Thermomètre. Sec.	Psychromètre. Thermomètre. Mouillé.	Psychromètre. Saturation.	Pluviomètre.	État de l'atmosphère.	Direction du vent.
1	9h	765	19.3	16.3	72	0.00	Assez beau.	N.
2	8	758	19.7	18.4	88	8.50	Id.	O. N. O. fort.
3	8	767	18.6	16.5	80	0.50	Id.	N. O.
4	8	765	18.4	17.4	91	0.25	Id.	N. O.
5	7	764	16	14.6	85	0.00	Id.	N. O. fort.
6	2 1/2	764	16.2	14.9	86	0.00	Id.	N. N. O.
7	6	759	20.5	17.6	74	2.75	Id.	O.
8	0	762	19.1	15.6	67	1.00	Id.	O. N. O.
9	7	759	19.2	17.9	88	4.50	Passable.	N. O. fort.
10	1	760	16.8	15.4	86	2.00	Id.	O. N. O. fort.
11	6 soir	768	20.2	16	63	0.00	Assez beau.	N. O. fort.
12	9	762	17.6	17.2	97	10.50	Mauvais.	N. O. fort.
13	8	763	17.6	15.4	78	1.50	Assez beau.	N. N. O.
14	8	764	18.6	18.1	96	0.00	Id.	O. N. O.
15	8	764	18	15.9	80	0.00	Id.	N. O.
16	9	762	15.2	13.8	85	0.50	Id.	O.
17	8	761	17.4	14.6	72	0.00	Id.	N.
18	12	764	16.5	14.2	76	0.00	Id.	E. N. E.
19	9	759	21.4	19.6	85	7.25	Passable.	S. O.
20	4 soir	759	19.5	18.6	92	6.25	Id.	S. O.
21	6 1/2	763	20	16.6	70	2.00	Assez beau.	O. N. O.
22	2	763	14	13.5	94	0.00	Id.	O. N. O.
23	8	762	26.1	21.2	62	0.25	Id.	N. O.
24	12	764	21	19.5	87	0.00	Id.	O.
25	12	766	24.3	19.4	61	0.00	Id.	O.
26	1	764	28.5	23.2	62	0.00	Beau.	S. E.
27	8	764	23.6	20.3	72	2.00	Assez beau.	O.
28	8	757	16	15.4	94	9.00	Mauvais.	S. S. O.
29	8	757	16.6	14.4	78	3.75	Passable.	O. fort.
30	8	761	16.6	14.5	78	4.00	Assez beau.	N. O.

et d	Heu de l'o vati	Barom	THERMOMÈTRE. Sec.	Mouillé.	Saturation.	PLUVIOM	de l'atmosphère.	du vent.
1	7 1/2	764	17.2	16.5	94	0.00	Assez beau.	O.
2	9	758	19.6	18.3	88	3.75	Passable.	S. S. O.
3	8	765	16.9	13.9	70	0.00	Assez beau.	N.
4	8	763	18.4	17.1	88	0.00	Id.	S. O. fort.
5	7	756	17.7	17.1	95	0.00	Id.	S. S. O. fort.
6	7	760	19.2	18.5	94	0.75	Id.	S. O. fort.
7	7	760	18.3	17.1	94	10.75	Mauvais.	O. S. O.
8	8 1/2	758	19.2	17.7	86	1.25	Passable.	O.S.O. à N.O
9	12	760	20.5	17.5	73	5.50	Id.	S. O.
10	7	757	15.2	14	87	1.25	Id.	O. N. O. fort.
11	9	763	17.6	15.8	82	2.50	Mauvais.	O.S. O. fort.
12	9	768	16.8	14.3	75	0.00	Assez beau.	N. N. O.
13	7	764	18.1	18	100	2.50	Id.	O.
14	8	759	18.2	17.9	98	3.75	Passable.	O.
15	8	762	16.2	14.9	86	0.25	Assez beau.	O. N. O.
16	9	758	15	14.9	100	8.00	Mauvais.	S.O. très-fort
17	9	761	15.2	13.8	85	7.00	Passable.	N. N. O.
18	7	768	14.2	13.2	88	0.00	Assez beau.	N. à O.
19	9 1/2	767	19.3	17.6	85	1.00	Id.	O. S. O.
20	8	768	16.4	15.7	94	0.00	Id.	O. N. O.
21	8	762	16.9	16.8	100	4.50	Passable.	O. S. O.
22	7	752	18.3	17.8	96	32.75	Mauvais.	S.O. très-fort
23	9	750	14.3	14.1	97	32.25	Passable.	S. O.
24	8	756	14	12.4	82	0.00	Assez beau.	O.
25	8 1/2	764	14.2	13	86	0.00	Id.	E. N. E.
26	8	764	17	16.8	99	4.50	Passable.	S. S. O.
27	8 1/2	762	16.2	15.6	95	0.00	Assez beau.	N.
28	8	758	15.4	15	96	0.75	Id.	E. à S.
29	8 1/2	760	14.5	14.4	100	25.00	Mauvais.	N. N. O.
30	8 1/2	760	15	14.6	96	5.00	Assez beau.	E.

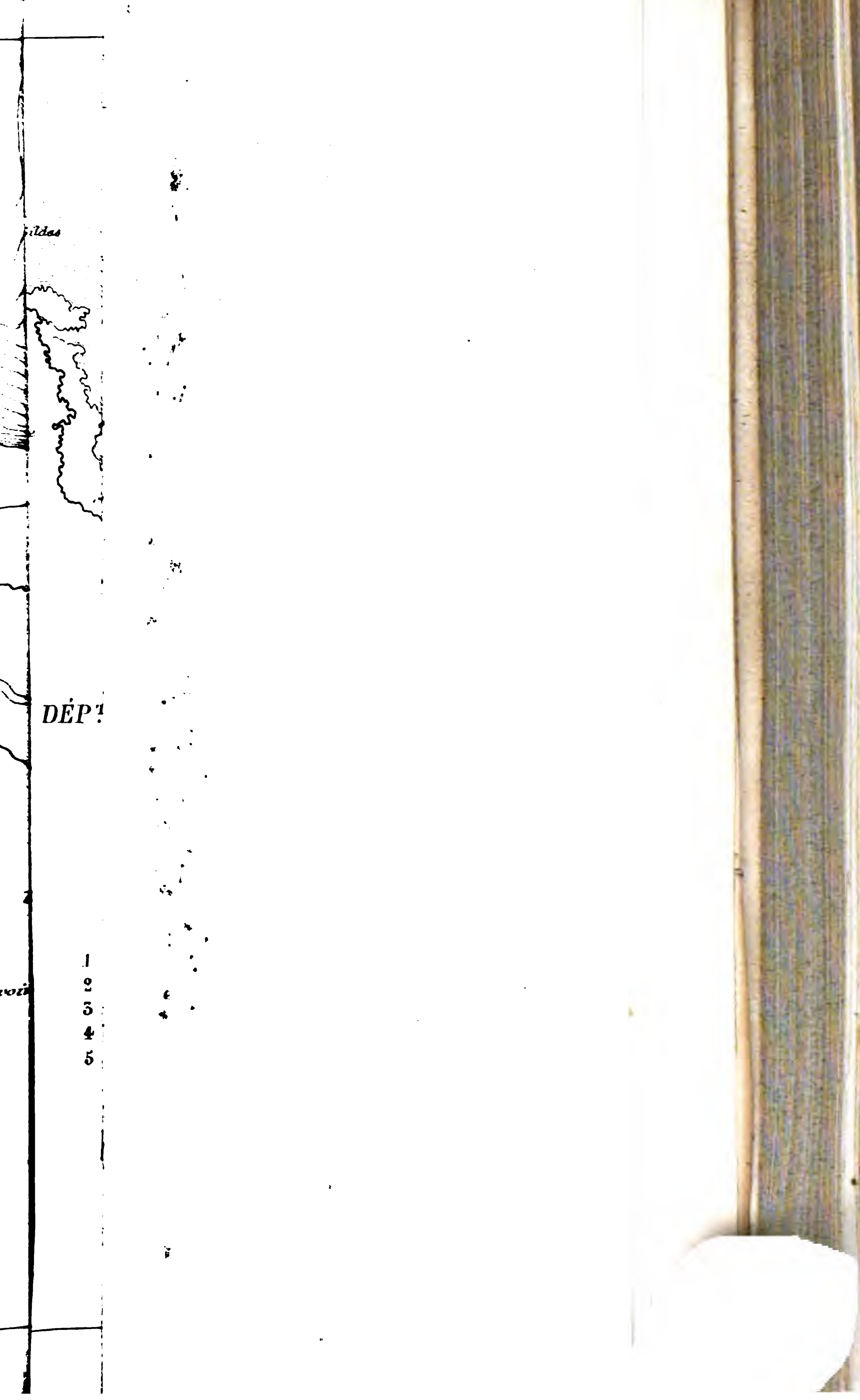
et da	Heu de l'ob vatio	Barom	THERMOMÈTRE. Sec.	Mouillé.	Saturation.	PLUVIOM	de l'atmosphère.	du vent.
1	8 1/2	763	17.4	17	96	0.00	Assez beau.	N. E.
2	12 1/2	762	19.8	18.7	90	0.00	Id.	N. E.
3	9	763	18.4	17.9	96	5.25	Id.	N. E.
4	8 1/2	763	16.8	16.6	99	0.00	Id.	E. S. E.
5	7	767	16.4	16.4	100	4.75	Id.	N. N. E.
6	3 1/2	771	16.9	15.8	90	0.00	Id.	E.
7	9	770	16	15.6	97	0.00	Id.	E.
8	8	769	14.5	13.4	88	0.00	Id.	E.
9	7	761	13	12.6	95	0.00	Id.	E.
10	2	762	19.4	17.5	83	0.00	Id.	E.
11	9	760	14.2	13.8	96	0.00	Id.	E.
12	10	760	13.5	12	94	0.00	Id.	E.
13	8	761	10	9.8	97	0.00	Id.	E.
14	10	763	12.8	12	91	0.25	Id.	E. N. E.
15	8 1/2	766	11.6	10.9	91	0.00	Id.	N.
16	9	765	11.4	10.8	93	0.00	Id.	E.
17	8 1/2	760	10.1	9.7	95	0.00	Id.	E.
18	8 1/2	757	17.4	16.6	92	0.00	Id.	S. S. E. fort.
19	9	763	20.6	18.9	85	0.00	Id.	S.
20	8 1/2	766	15.7	14.2	85	0.00	Id.	S. E.
21	7	763	14	13	89	0.00	Id.	S.
22	7	763	14	14	100	3.00	Id.	N. O.
23	7	769	6.9	6.7	97	0.00	Id.	N. N. E.
24	7	764	6	5.6	96	0.00	Id.	N. E.
25	7	759	9	8.9	99	12.75	Id.	N. O.
26	9	760	9.8	8.5	83	0.00	Id.	N. O.
27	7	764	6	5.5	95	3.00	Id.	N. N. E.
28	7	764	9	9	100	0.00	Passable.	N.
29	7	774	5	4.5	100	2.00	Assez beau.	N. E.
30	7	769	7	6.5	95	1.75	Id.	O.
31	8 1/2	767	14.5	14.2	97	0.00	Id.	O. S. O.

Novembre 1866.

Mois et dates.	Heure de l'observation.	Baromètre.	Psychromètre. Thermomètre. Sec.	Psychromètre. Thermomètre. Mouillé.	Psychromètre. Saturation.	Pluviomètre.	État de l'atmosphère.	Direction du vent.
1	8 1/2	765	14	13.6	96	0.00	Assez beau.	S. O.
2	10	761	14.6	13.8	92	0.00	Id.	S. O.
3	9	762	11.5	11.2	97	0.00	Id.	S. O.
4	8 1/2	766	9.5	9.4	96	0.00	Id.	O.
5	9	767	14.6	13.6	90	1.25	Id.	O. S. O.
6	8	767	9.4	9.2	98	0.00	Id.	O. S. O.
7	9	765	14	13.8	98	0.00	Beau.	N. N. E.
8	8	766	10.8	10.4	96	0.00	Id.	O.
9	8 1/2	763	11.2	11	98	9.25	Passable.	N. N. E.
10	8	770	7.2	7	98	5.50	Assez beau.	E. N. E.
11	9	767	15.4	15.2	98	8.25	Passable.	O.
12	9	767	14	13.6	96	5.75	Id.	O.
13	9	766	15.4	14.8	94	0.00	Assez beau.	O. S. O.
14	9	770	13.4	11.4	77	1.25	Id.	O. N. O.
15	9	771	6.6	6.2	96	0.00	Id.	E. N. E.
16	8	765	15.4	15	96	0.50	Passable.	O.
17	8	769	8.6	7.6	87	2.00	Assez beau.	N.
18	8	769	4.7	4.3	94	1.75	Id.	O.
19	9	769	11.1	10.5	93	1.75	Id.	N. N. E.
20	8 1/2	765	2.6	1.6	90	0.00	Id.	N. E.
21	8	765	2	»	»	0.00	Beau.	E. N. E.
22	8	761	2	»	»	0.00	Id.	E. N. E.
23	8	765	0.9	»	»	1.00	Assez beau.	E à S. O.
24	9	767	10.7	10.1	92	0.00	Passable.	N. O.
25	9	770	12.4	12.2	98	4.25	Assez beau.	N.O. fort. gr.
26	7 1/2	769	9	8	86	0.00	Id.	N. O. fort.
27	9	764	11.1	10.2	88	0.00	Id.	N. N. O.
28	9	765	6.5	6.4	98	0.00	Id.	N. N. O.

Décembre 1866.

Mois et dates.	Heure de l'observation.	Baromètre.	Psychromètre. Thermomètre. Sec.	Psychromètre. Thermomètre. Mouillé.	Psychromètre. Saturation.	Pluviomètre.	État de l'atmosphère.	Direction du vent.
1	7 1/2	756	3	»	»	5.00	Passable.	E.
2	8 1/2	762	1.8	1.6	96	0.00	Assez beau.	N.
3	7 1/2	766	2.0	2.0	»	0.00	Id.	S. S. O.
4	9	767	9.8	»	»	0.00	Id.	S. O.
5	8	767	12	»	»	0.00	Id.	S.
6	9	767	11	»	»	0.00	Id.	S.
7	8 1/2	761	9.1	8.8	95	6.00	Passable.	N. O.
8	8 1/2	771	7.2	6.8	95	0.00	Assez beau.	N. O.
9	9	774	6	5.6	93	0.00	Id.	E.
10	10	770	13	13	100	3.00	Id.	O.
11	9	771	12.6	12.8	100	10.25	Mauvais.	S. O.
12	8 1/2	770	12	12	100	12.50	Id.	O.
13	8 1/2	765	12.1	11.9	97	7.75	Id.	S. O.
14	8 1/2	760	12.2	11.4	90	2.00	Passable.	O. S. O.
15	8 1/2	759	13.4	13.5	100	1.25	Mauvais.	N. O. fort.
16	9	767	11.6	11	93	2.00	Assez beau.	O.
17	8 1/2	771	12.6	12.6	100	1.00	Id.	O.
18	9	773	11.8	11.2	92	0.00	Id.	S. O.
19	9	774	11.2	11	98	0.00	Id.	N.
20	9	774	9.6	9.4	98	0.00	Id.	E. N. E.
21	9	772	5.0	4.6	96	0.00	Id.	E.
22	8 1/2	773	8.0	8.4	100	0.00	Id.	E. N. E.
23	8 1/2	772	8.4	3.4	100	0.00	Id.	E. N. E.
24	9	772	3.4	3.0	100	0.00	Id.	S.
25	8 1/2	772	3.4	3.0	98	0.00	Id.	E.
26	9	773	9.6	9.4	98	0.00	Id.	E. N. E.
27	8 1/2	766	11.0	11.0	100	0.50	Id.	O. N. O.
28	9	760	12.0	11.4	94	0.00	Id.	S. O.
29	8 1/2	761	[illegible]	[illegible]	98	1.25	Id.	S.


ildas
DÉP.
1
2
3
4
5

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(AVRIL, MAI, JUIN 1867)

N° 38

---

dant ce trimestre, on a traité les questions suivantes :

Raccordement des voies courbes, par M. Nordling (séance du 5 avril, 233 et 343).

Agrandissement du port d'Odessa (séance du 12 avril, page 237).

Ventilation (séance du 12 avril, page 238).

Contre-vapeur comme frein, pour modérer la vitesse des trains nin de fer (emploi de la), par M. Jules Morandière (séance du 12 page 240).

Frein de Bergue, par MM. Benoît-Duportail et de Fonbonne (séan- 12 et 26 avril, pages 244 et 253).

Propulseurs hydrauliques, par M. Lissignol (séance du 19 avril, 46).

Coup d'œil sur l'Exposition, par M. Flachat (séance du 26 avril, 57).

rts textiles à l'Exposition, par M. Alcan (séance du 26 avril, 62).

Machines à fabriquer les vis et les boulons, les bâtons de chaises, neaux, les clous ; machine destinée à remplacer les mineurs dans itation de la houille, par M. Tresca (séance du 3 mai, page 263).

10° *Marteau-pilon*, par M. Tresca (séance du 3 mai, page 265).

11° *Appareils de sondage à l'Exposition*, par M. Charles La (séance du 10 mai, pages 266 et 359).

12° *Machines à fabriquer les charnières*, par M. Maldant (séan 10 mai, page 269).

13° *Chemin de fer de la ligne du Brenner*, par M. Nordling (s du 17 mai, page 272).

14° *Exploitation du Semmering* (séance du 17 mai, pages 276 et

15° *Matières lubrifiantes employées pour le graissage des e mécaniques*, par M. Asselin (séances des 17 mai, 14 et 21 juin, 276, 307 et 316).

16° *Produits céramiques (les) à l'Exposition*, par M. Salvetat (s du 24 mai, page 280).

17° *Moteurs (les) de l'Exposition*, par M. Farcot Joseph (séan 24 mai, page 283).

18° *Coupe géologique des terrains traversés par le chemin de Paris à Angers par Vendôme et Tours*, par M. Delesse, ingénie chef des mines (séance du 31 mai, page 290).

19° *Machines marines à l'Exposition*, par M. Pérignon (séanc 31 mai et 7, 21 et 28 juin, pages 295, 301, 316 et 322).

20° *Chaudières des machines à vapeur* (discussion sur les) (sé des 31 mai et 21 juin, pages 297 et 316).

21° *Exposition universelle;* plaques de blindage, constructio grandes machines marines, découpures faites dans des blocs de fe la scie à ruban de Périn, par M. Flachat (séance du 31 mai, page

22° Adresse présentée par M. Le Feuvre, Président de la Socié ingénieurs de Londres à M. Flachat (séances des 7 et 14 juin, page 308 et 335).

23° *Trépan piocheur*, par M. Laurent (séance du 14 juin, page

24° *Draguage de la Spezzia*, par M. Mallet (séance du 14 juin 313).

25° Situation financière de la Société (séance du 21 juin, page 3

26° Médaille d'or décernée au meilleur mémoire (séance du 2 pages 316 et 372).

angers que présente l'emploi de certaines eaux pour l'alimen- les chaudières à vapeur, par M. Farcot (séance du 28 juin, 3).

Régulateurs à l'Exposition universelle installés sur divers mo- ance du 28 juin, page 333).

nt ce trimestre, la Société a reçu :

M. Ch. Thouvenet, membre de la Société, un album contenant ocuments relatifs à sa machine locomotive à fortes rampes, pou- ser dans des courbes des plus petits rayons.

M. Julien, membre de la Société, des exemplaires de sa brochure : *A propos de verres ou les trois solutions du problème de chi-* $<MO'<MO^2$ *mises en présence.*

M. Ordinaire de Lacolonge, un exemplaire d'une notice sur *les bateaux à vapeur bordelais.*

M. Henri Ruelle, ingénieur, un exemplaire d'une notice sur *les de fer vicinaux, départementaux, ou d'intérêt local.*

M. Sonelet, ingénieur, un exemplaire d'une brochure sur *les obiles du système Langlois pour chaudières à vapeur et machi- ines fixes, locomotives et locomobiles.*

M. Couche, ingénieur en chef des mines, un exemplaire de son intitulé : *Voie, matériel roulant et exploitation technique des de fer.*

M. Lacroix, éditeur, un exemplaire de la première partie de de MM. Vigreux et Raux, intitulé : *Théorie et pratique de l'art nieur, du constructeur de machines et de l'entrepreneur de tra- blics*, et un exemplaire de la brochure de M. Victor Émion sur *é et le courtage des marchandises.*

M. Perret, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure *Sections of Railway Tire Bars manufactured by hird, Daw- Hardy, at the Low Moor iron works near Bradford Yorkshire.*

exemplaire des *rapports du conseil d'administration et de l'in- onseil de la compagnie anonyme du chemin de fer de Fou- Vitré.*

10° De M. Émile Vuillemin, membre de la Société, un exemplaire d *notice sur les mines de houille d'Aniche.*

11° De M. Desgrange, membre de la Société, une note *sur l'expl tion du Semmering en* 1866.

12° De M. Jules Morandière, membre de la Société, un exemp du *compte rendu annuel de l'association amicale des élèves de l' des mines de Paris.*

13° Un exemplaire d'une notice sur *les travaux de M. Guettier,* bre de la Société.

14° De M. Agudio, membre de la Société, un exemplaire d'une sur *son système de locomotion avec adhérence au moyen du rail cen*

15° De M. Carlo Margutti, ingénieur, *un exposé d'un nouveau tème de railway et locomotives pour très-fortes rampes et très-fo vitesses.*

16° De M. Rolland, agent voyer en chef du département du Gar exemplaire de la notice sur *la détermination exacte de la dis moyenne des transports dans le calcul des terrassements des p de routes.*

17° De M. Gustave Falconnier, la traduction résumée de deux br res publiées en allemand par MM. Baumgartner et Falconnier su *système naturel de poids et mesures réunissant dans une même le temps et l'espace.*

18° De M. Le Feuvre, Président de la Société des ingénieurs de dres : *Une adresse* présentée à M. Eug. Flachat, Président de la S des ingénieurs civils de France.

19° De M. Weil, membre de la Société, un exemplaire de sa bro sur ses *nouveaux procédés ayant pour but de revêtir les matériaux couche adhérente et brillante d'autres métaux.*

20° De M. Hamers, membre de la Société, un exemplaire d'un *chure sur l'abolition des douanes.*

21° De M. Colladon, membre de la Société, une photographie sentant *l'inauguration de l'usine à gaz de Naples,* et une photog représentant *une roue hydraulique à cylindre flottant.*

22° De M. Émile Barrault, membre de la Société, un exemplai fascicules 59 et 60 du *Grand Dictionnaire universel du XIX*[e] (Notice sur les brevets d'invention.)

De M. Delesse, ingénieur en chef des mines, un exemplaire de sa *géologique pour les années* 1864 *et* 1865.

Le numéro de juillet, août et septembre 1866 du bulletin de la *de l'industrie minérale.*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 du *Journal d'agriculture ue.*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 de la revue *la Presse ique.*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 de la revue *les Mondes.*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 du journal *The Engi-*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 du bulletin de la *Société ragement.*

Les numéros de mars, avril et mai 1867 du bulletin de la *Société raphie.*

Les numéros du premier trimestre 1867 du bulletin de la *So- périale et centrale d'agriculture.*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 du journal *l'Invention.*

Le numéro du deuxième trimestre 1867 de la *Revista de obras s.*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 de la *Revue des Deux-*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 de la *Revue contempo-*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 du journal *la Science que.*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 du *Journal de l'éclairage*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 du journal *l'Isthme de*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 des *Annales du Génie*

Les numéros du deuxième trimestre 1867 du *Journal des chemins*

41° Les numéros de juillet et août, septembre et octobre 1866
Annales des mines.

42° Les numéros du deuxième trimestre 1867 du *Génie industri*

43° Les numéros des 3° et 4° livraisons de 1866 et la 1re de 186
bulletin de l'*Association des ingénieurs de l'École de Liége.*

44° Les numéros du deuxième trimestre 1867 du journal *la Sem*
financière.

45° Le numéro d'avril 1867 des *Annales des Conducteurs des p*
et chaussées.

46° Le numéro de janvier et février 1867 de la *Revue universell*
mines et de la métallurgie.

47° Les numéros du deuxième trimestre 1867 des *Nouvelles An*
de la construction.

48° Les numéros du deuxième trimestre 1867 du *Portefeuille éc*
mique des machines.

49° Les numéros du deuxième trimestre 1867 de l'*Album pratiq*
l'art industriel.

50° Les numéros du deuxième trimestre 1867 des *Nouvelles An*
d'agriculture.

51° Les numéros du premier trimestre 1867 du *Propagateur des*
vaux en fer.

52° Les numéros du deuxième trimestre 1867 des *Comptes rend*
l'Académie des sciences.

53° Les numéros du deuxième trimestre 1867 de la *Propagatio*
dustrielle.

54° Les numéros du deuxième trimestre 1867 du journal *Enginee*

55° Le numéro de septembre et octobre 1866 des *Annales des p*
et chaussées.

56° Le numéro 31 du bulletin du *Comité des forges de Franc*

57° Les numéros des 1re et 2e livraisons 1867, des *Publications a*
nistratives.

58° Les numéros 2 et 3 de 1867 du journal *Organ für die Fortsc*
des Eisenbahnwesens.

Les numéros du deuxième trimestre 1867 de la *Revue Horticole*.

Les numéros du deuxième trimestre 1867 de la *Gazette du Village*.

Les numéros de mars, avril et mai 1867 du bulletin de la *Société trielle de Reims*.

Les numéros 11 et 12 de la *Revue d'architecture*.

Le numéro 1 de 1867 du Bulletin de la *Société des ingénieurs chiens*.

De M. Alcan, membre de la Société, des exemplaires d'une *Notice logique sur Prosper Meynier*.

De M. Hamers, membre de la Société, un exemplaire d'une *Notice emploi des eaux des houillères dans les générateurs à vapeur*, par ctor Stoclet.

De M. Mayer (Ernest), membre de la Société, un exemplaire d'un *n des voitures et wagons de la Compagnie des chemins de fer Duest*.

embres admis pendant le 1er trimestre sont :

Au mois d'avril :

ANDRÉ (Gaspard), présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
BANDHOLTZ, présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
BAZERQUE, présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
BELLEVILLE, présenté par MM. Alcan, Flachat, et Nozo.
CHOPIN, présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
GARCIA, présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
GRAND, présenté par MM. Callon, Cauvet et Goschler.
GREGGORY, présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
HAROUARD, présenté par MM. Flachat, Péreire (Henri) et Rhoné.
MADELAINE, présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
MÉTAYER, présenté par MM. Flachat, Rancès et Tronquoy.
MICHEL, présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
MAC-ALPINE, présenté par MM. Flachat, Perdonnet et Petiet.
PETIT (Georges), présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
PEDEZERT, présenté par MM. Flachat, Lejeune et Love.
VESCOVALI, présenté par MM. Chobrzynski, Flachat et Petiet.
WHALEY, présenté par MM. Baumal, Maréchal et Mayer.

Au mois de mai :

MM. BONTEMPS, présenté par MM. Gambaro, Morandière et Nozo.
DUFRESNÉ, présenté par MM. Flachat, Callon et Tronquoy.
FOUQUET, présenté par MM. Flachat, Gouin et Petiet.
GRALL, présenté par MM. Flachat, Péreire (Eugène) et Rhoné
KREMER, présenté par MM. Caillet, Guebhard et Gottschalk.
MARCO-MARTINEZ, présenté par MM. Dallot, Delaunay et Pes
PROUTEAUX, présenté par MM. Callon, Flachat et Mallet.
REYNAUD (Georges) présenté par MM. Flachat, Péreire (Émi
Péreire (Henri).
SIMON, présenté par MM. Bévan de Massi, Huet et Javal.
TRONCHON, présenté par MM. Alcan, Flachat et Vuillemin.
VIDARD, présenté par MM. Flachat, Lefèvre et Mathieu.
WATTEVILLE (DE), présenté par MM. Dubied, Flachat et Reg

Au mois de juin :

MM. BEHRENS, présenté par MM. Arson, Mayer et Ribail.
BRODARD, présenté par MM. Benoît-Duportail, Mayer et Rib
CARCUAC, présenté par MM. Asselin, Callon et Péligot.
DÉZELU, présenté par MM. Benoît-Duportail, Mayer et Flac
LACRETELLE, présenté par MM. Fourneyron, Laurent et Vuill
LOISEAU, présenté par MM. Benoît-Duportail, Mayer et Riba
MOERATH, présenté par MM. Farcot, de Mastaing et Perret.
MONTOUAN, présenté par MM. Benoît-Duportail, Mayer et Ril
PLANAT, présenté par MM. Flachat, Loustau et Tronquoy.
RAINNEVILLE (DE), présenté par MM. Bonnet, Flachat et Vuill
ROQUES, présenté par MM. Coutanceau, Flachat et Rancès.
SALESSE, présenté par MM. Forquenot, Flachat et Vuillemin
URBAIN, présenté par MM. Callon, Loiseau et Tresca.
VIGNIER, présenté par MM. Flachat, Mayer et Ribail.

Comme Membres-Associés :

MM. LUCK, présenté par MM. Flachat, Guébhard et Vuillemin.
ROBIN, présenté par MM. Chabrier, Flachat et Benoît-Dupor
VICKERS, présenté par MM. Flachat, Guébhard et Vuillemin

RÉSUMÉ

DES

ROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IIE TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1867

Séance du 5 Avril 1867.

Présidence de M. E. FLACHAT.

ocès-verbal de la séance du 22 mars est lu et adopté.

PRÉSIDENT annonce que l'Académie des sciences vient de décerner le grand mécanique à M. Tresca, sous-directeur du Conservatoire impérial des arts rs.

RDLING donne communication de sa note sur le raccordement parabolique rbes de chemins de fer.

RDLING, avant d'aborder le sujet de l'ordre du jour, demande à dire quelques r le raccordement des déclivités, qui présente un problème analogue à celui rdement des courbes.

le commencement de la construction des chemins de fer, on ne faisait aucun ment. A tort ou à raison quelques personnes ont vu là la cause du terrible de Fampoux. Aujourd'hui le cahier des charges prescrit d'intercaler un 100 mètres entre une forte pente et une rampe; mais cette règle est insuf-vec les déclivités auxquelles on est successivement arrivé. Qu'on considère, un palier et une pente ou rampe de 20 millièmes, juxtaposés sans transition: naîtra que l'angle est assez prononcé pour dégager presque les rebords d'une roues des véhicules à 3 essieux, pour renverser complétement la réparti-la charge des roues motrices et pour faire naître des réactions qui ont déjà lus d'un attelage. Les poseurs, il est vrai, ont une tendance à effacer ces mais leur action se trouve limitée par la plate-forme des terrassements sinon ouvrages d'art. Aussi, aux lignes du réseau central de la compagnie d'Orléans, is le parti de raccorder les déclivités par une série de pentes variant de mil-en millimètre, et occupant chacune une longueur de 10 mètres. C'est une du second dègré dont les tangentes et les abscisses sont données par les mules

$$\frac{dy}{dx}=\frac{x}{P}, \qquad y=\frac{x^2}{2P},$$

10,000, valeur qui pour la ligne exceptionnellement accidentée du Cantal luite à 5,000.

Pour de plus amples détails, M. Nordling renvoie à l'instruction pour la pose suivie au réseau central et dont il remet un exemplaire à la Société.

M. Nordling, arrivant au raccordement des voies courbes, rappelle le travail que M. Chavès a présenté il y a deux ans et dans lequel la question a été parfaitement posée. L'équation à laquelle M. Chavès est arrivé ne laisse rien à désirer, mais l'auteur n'a pas su en tirer le parti désirable.

Ainsi, M. Chavès, se fondant sur l'impossibilité pratique de courber les rails, s'est contenté de la méthode peu élégante des différences finies et des raccordements polygonaux. Sa supposition est mal fondée. Au lieu des anciens procédés de courber les rails, soit en martelant l'un des patins des rails Vignoles [1], les plus difficiles à courber, soit en chevauchant les joints, on se sert sur le réseau central, depuis 1861, d'un moyen extrêmement simple et pratique, emprunté aux Allemands; il consiste à laisser tomber le rail de champ sur deux traverses disposées convenablement, en proportionnant la percussion à la courbure qu'on veut obtenir.

C'est à tort aussi, selon M. Nordling, que M. Chavès a fait intervenir dans ses formules la vitesse des trains; car le dévers étant fixe, c'est-à-dire restant le même quelle que soit la vitesse des trains qui viennent à passer, la courbe de raccordement du dévers doit être fixe aussi, et par conséquent indépendante de la vitesse.

A propos du dévers, M. Nordling fait observer combien est insuffisante la formule basée uniquement sur la force centrifuge, qui, en matière de dévers, joue un rôle infiniment plus petit que la raideur des véhicules et du polygone funiculaire formé par le train.

La compagnie de Lyon calcule le dévers d'après la formule empirique $\frac{V}{r}$ où V est la vitesse de marche en kilomètres par heure, et r le rayon de la courbe. Cette formule donne des valeurs notablement supérieures à celles basées sur la force centrifuge, et qui cependant sont encore insuffisantes pour les vitesses très-faibles telles que le pas de l'homme. Ainsi, dans une courbe provisoire de 175 mètres de rayon que les trains parcourent entre Massiac et Murat, depuis les dernières inondations, on a, pour empêcher l'ascension des boudins sur le rail extérieur, porté le dévers à $0^m.13$, tandis que la formule de Lyon ne donnerait que $0^m.04$ et celle de la force centrifuge $0^m.003$.

Enfin, M. Nordling fait observer que le « coup de pouce » que M. Chavès a admis à l'intersection de sa courbe de raccordement avec la courbe circulaire exige nécessairement l'emploi d'un rayon inférieur à celui de l'arc raccordé et que pour raccorder les courbes les plus raides, on est ainsi contraint à sortir du rayon minimum.

M. Nordling entreprend ensuite la discussion analytique de la parabole du troisième degré dont il écrit les équations :

$$y = \frac{x^3}{6P}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2P}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{x}{P},$$

1. Les rails Vignoles sont ainsi appelés de leur auteur ou propagateur, M. Charles Vignoles, ingénieur anglais; c'est à tort qu'on substitue quelquefois à son nom celui de Vignole, architecte italien du seizième siècle.

$$\text{rayon de courbure } r = \frac{P}{x}\left[1 + \frac{x^4}{4P^2}\right]^{\frac{3}{2}}$$

ou approximativement pour les arcs de faible étendue $= \frac{P}{x}$.

Cette courbe a des propriétés fort remarquables par leur simplicité. Un seul point suffit pour déterminer la courbe tout entière.

Pour plusieurs courbes de coefficients (P) différents et passant par la même origine, les ordonnées d'une même abscisse sont proportionnelles. La sous-tangente est le tiers de l'abscisse. Le rayon de courbure, qui, pour l'origine, est infini, décroît en raison inverse de l'abscisse, atteint son minimum de 1.390 $\sqrt{P}$ pour

$$\frac{dy}{dx} = \sqrt{\frac{1}{5}},$$

c'est-à-dire sous l'angle de 24° 6', puis croît de nouveau.

Pour des angles moindres, la différence entre la valeur exacte et la valeur approchée du rayon de courbure est très-minime ; ainsi pour P = 12,000, $x = 40$, on trouve r approximativement = 300 ; exactement = 302.001. Rien de plus facile que de construire les développées qui présentent toutes un point de rebroussement incliné sous l'angle précité de 24° 6'. Pour les arcs de faible étendue les coordonnées $x_{\prime\prime}$ et $y_{\prime\prime}$ de la développée ont les relations suivantes avec celles de la parabole :

$$x_{\prime\prime} = \frac{1}{2}x \qquad\qquad y_{\prime\prime} = r + \frac{1}{4}y.$$

L'angle embrassé par un arc parabolique terminé par les rayons $r_{\prime}$ et $r_{\prime\prime}$ est la moyenne arithmétique entre les angles formés par deux arcs circulaires l'un au rayon $r_{\prime}$, et l'autre au rayon $r_{\prime\prime}$ et de la même longueur que l'arc parabolique.

Quant à la signification du coefficient P on a :

$$\text{dévers} = \frac{V}{r} = \pi x,$$

et

$$r x = \frac{V}{\pi} = P,$$

où π désigne la déclivité du plan incliné formé par le rail extérieur.

Passant à l'application de la parabole du troisième degré au raccordement des arcs de cercle, M. Nordling rappelle que l'équation générale du cercle est

$$r'^2 = (x' - l)^2 + \left(y' - (r' + m)\right)^2,$$

mais que, dans le cas du problème actuel, où il ne s'agit jamais que d'arcs de faible étendue, on peut négliger y'^2 et écrire simplement

$$y' = m + \frac{(x' - l)^2}{2r'} \qquad\qquad \frac{dy'}{dx'} = \frac{x - l}{r'}.$$

En combinant ces équations du cercle avec celles données ci-dessus pour la parabole, il est facile de déterminer toutes les conditions de la tangence, de l'osculation ou de l'intersection de ces deux courbes.

M. Nordling examine trois cas particuliers :

1° Au point de raccordement, la parabole et le cercle ont, par hypothèse, les mê-

mes coordonnées. Veut-on encore qu'il y ait la même tangente et la mêm
bure? On trouve alors les conditions suivantes :

$$P = pr',$$

$$= \frac{p}{2},$$

$$m = \frac{p^2}{24\, r'} = \frac{1}{3}\, f.$$

où p désigne la longueur du raccordement parabolique, et f la flèche de l'arc
cle au rayon r' et d'une longueur p.

En d'autres termes, il faut placer la parabole à cheval sur l'ancien point
gence, moitié en deçà, moitié au delà, et porter le déplacement transversal de
gente au tiers de la flèche de l'arc de cercle correspondant à la corde p.

2° Veut-on conserver l'ancienne tangente (ce qui suppose $m =$ zéro)? on
en renonçant à l'identité de courbure au point de raccordement. On a alors

$$P = \frac{3}{4}\, p r'$$

$$l = \frac{1}{3}\, p$$

$$r = \frac{3}{4}\, r',$$

c'est-à-dire il faut que le raccordement parabolique soit pris 1/3 sur la di
les 2/3 restants sur l'arc de cercle, le rayon de courbure descendant d'aill
1/4 au-dessous de celui de l'arc de cercle raccordé. Quand ce dernier est de 3
rayon de la parabole descend donc à 225^m.

3° Au lieu de sacrifier l'identité de rayon au point de raccordement, M.
a sacrifié la tangente, ce qui conduit à

$$l = p\left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 0.4226\ p$$

et à un angle d'intersection $= 0.0773\ \frac{p}{r'}$,

angle que M. Chavès n'a su effacer que par le « coup de pouce. »

M. Nordling pense que cette dernière solution doit être positivement pros
remplacée par les deux premières solutions, rigoureuses, simples et d'une a
tion facile.

A cet égard, il ne croit pouvoir mieux faire que de communiquer à la Soc
deux ordres de service qu'il a rédigés pour les lignes dont l'exécution lui est
et qui dès aujourd'hui sont appliqués sans le moindre obstacle.

Le raccordement osculateur (n° 1 ci-dessus) est considéré par M. Nordling
la solution la plus parfaite, mais il n'a cru pouvoir la prescrire exclusivem
pour les lignes non commencées. Pour les lignes dont la plate-forme est déjà
moins avancée, ce qui crée des sujétions multiples, il a admis concurremm
raccordement dit intérieur (n° 2 ci-dessus). Voilà pourquoi deux ordres de
distincts et différents.

Dans ces instructions, toutes deux applicables à des lignes au rayon d
M. Nordling a pris P = 12,000 (exceptionnellement = 6000). Cela conduit

le 300^m à des raccordements de 40 (exceptionnellement 20) mètres. Il pense ıne manière générale on pourrait prendre

$$P = V r_m,$$

(comme dans la formule du dévers de Lyon) = à la vitesse en kilomètres par et r_m le rayon minimum du tracé. La déclivité du plan incliné serait alors

$$\pi = \frac{1}{r_m}.$$

rminant, M. Nordling croit devoir mentionner que le même sujet a déjà été ar son ami Pressel, en 1854, dans le journal allemand des chemins de fer, et t à la Société un exemplaire de l'instruction que ce même ingénieur fait er en ce moment sur la ligne du Brenner.

: Président décide que les deux ordres de service, en usage sur le réseau seront publiés dans le prochain bulletin. (Voir page 343.)

André (Gaspard), Bandholtz, Bazerque, Belleville, Chopin, Garcia, Grand, ry, Harouard, Madelaine, Métayer, Michel, Mac-Alpine, Petit, Pedezert, Ves- t Whaley ont été reçus membres de la Société.

Séance du 12 Avril 1867.

Présidence de M. Ch. Callon, *Vice-Président.*

rocès-verbal de la séance du 5 avril est lu et adopté.

donné lecture d'une lettre de M. L. Perret, membre de la Société, qui quelques exemplaires de la description des produits exposés par la Compa- s forges de Low-Moor, en appelant l'attention sur les tôles à épaisseur, ren- aux rivures, et au système de construction des chaudières de locomotives elles s'appliquent.

erret offre de fournir quelques renseignements, si on le désire.

rmengaud jeune transmet à la Société l'avis suivant, qui peut intéresser ceux mbres qui ont pris part au concours établi pour l'agrandissement et l'amé- n du port d'Odessa.

Commission spéciale, qui a procédé à l'examen de ces projets, a donné la rence à celui de M. Hartley, ingénieur anglais, et lui a décerné le premier de 8,000 roubles.

second prix de 2,000 roubles a été accordé à M. Van Krug, ingénieur essa.

: autres personnes qui ont participé au concours sont invitées à s'adresser à -Pétersbourg, à la direction des communications fluviales du ministère (des de communication), jusqu'au 13 janvier 1868, afin de retirer leurs projets. »

M. Revin a adressé au Président de la Société quelques observations au sujet la discussion qui a eu lieu à la suite de la communication de M. de Mondesir sur appareils de ventilation.

M. Revin pense qu'entre les deux manières de voir si opposées de MM. de Monde et Tresca, il peut y avoir place pour une troisième opinion.

On est libre, dit M. Revin, de donner à la vitesse de l'air injecté une val constante; on ne sera limité que par la condition de ne pas avoir pour l'injection l'air une machine soufflante et des conduites trop volumineuses.

Cette vitesse une fois déterminée, si l'on fait croître la vitesse du courant d' entraîné, l'effet utile du jet augmentera proportionnellement à cette vitesse, comme d'un autre côté, le travail résistant croît proportionnellement au cube cette même vitesse, le travail qu'il faudra dépenser ne croîtra que comme la secon puissance de la vitesse ; ce raisonnement de M. de Mondesir me paraît donc co plétement juste.

C'est ici l'occasion de remarquer que l'avantage du nouveau procédé (si avant il y a) consiste uniquement dans l'emploi d'une machine soufflante moins volu neuse; c'est à l'expérience à démontrer si cet avantage n'est pas compensé pa diminution considérable d'effet utile, et par les frais de double canalisation. On p faire remarquer aussi que cette proportionnalité du travail au carré de la vite du courant entraîné, n'aura lieu que jusqu'à ce que cette vitesse devienne égale à vitesse de l'air injecté, et alors on rentrerait dans le cas de la ventilation ordinai la quantité d'air entraîné devenant forcément nulle.

Ce fait montre que M. de Mondesir n'était pas en droit de dire, *à priori*, qu'il a verait nécessairement un moment où son procédé deviendrait plus avantageux la ventilation à l'air chaud, puisque au delà d'une certaine vitesse (égale à la vite d'injection), la loi change, et l'on rentre dans le cas de la ventilation ordinaire.

Dans les calculs faits, on n'a pas le droit de négliger la différence de pression se produit de l'arrière à l'avant du jet, ce qui doit modifier singulièrement résultats.

D'un autre côté, pour montrer que l'effet du jet est proportionnel au rapport vitesses, on commence par admettre que l'effet produit est uniquement la puissa vive du mélange des deux courants d'air, négligeant par conséquent l'excès de pr sion, qui doit vaincre la résistance des conduites; ensuite, pour arriver à établi valeur du travail à fournir au jet, on admet au contraire que le travail consom ne dépend uniquement que des résistances des parois, et pas du tout de la p sance vive de l'air en mouvement. Ainsi, dans le même calcul, on néglige ta l'un, tantôt l'autre des deux éléments qui composent le travail résistant.

Il semble, d'après cela, que les formules obtenues ne peuvent pas inspirer grande confiance.

Il est difficile de comprendre comment M. de Mondesir peut dire « que le plus « éloge qu'on puisse faire de son appareil est de dire qu'il a un très-faible ren « ment mécanique ; » et plus loin, que « le véritable effet utile de la ventilation « consiste pas dans le plus ou moins de force vive du courant produit, mais « dans la masse d'air entraînée. »

Il y a, en effet, pour une conduite donnée, une vitesse à imprimer à l'air, d'avoir un cube d'air déterminé; par conséquent, il faut nécessairement prod une certaine puissance vive; il faut de plus vaincre les résistances des parois, coudes et des élargissements brusques, tout cela exige du travail; on ne peut d

ette singulière proposition : « Le rendement de la ventilation sera d'autant r que le rendement mécanique sera plus mauvais. »

oit-Duportail a reçu communication de la lettre de M. Revin, et il par- a près complétement son avis.

mble que MM. de Mondesir et Tresca sont partis de bases qui ne sont pas et qu'il existe des points obscurs dans la discussion, même en acceptant

oit-Duportail ajoute : On ne peut avoir aucune confiance dans une démons- où il résulte que les appareils de MM. Lehaître et de Mondesir ne ren- ue 2 p. 100, et on est conduit à conclure que la discussion qui a eu lieu a ltat de prouver que la ventilation ordinaire est préférable à la ventilation nement, au moyen de l'air comprimé.

oit-Duportail croit qu'au lieu de considérer l'équation des quantités de nt, on aurait dû partir immédiatement de l'équation qui donne le travail fonction de la puissance vive, comme cela se fait ordinairement.

ca croit devoir maintenir tout ce qu'il a dit dans sa discussion avec M. Piarron sir, et il insiste sur ce que le chiffre de 2 pour 100, qui inspire si peu de à M. Benoît-Duportail, n'est que le résultat numérique de l'application, dans stances données, des formules posées par M. de Mondesir lui-même. Ce lleurs ne saurait être considéré que comme une appréciation théorique dont sauraient s'éloigner dans une mesure très-considérable.

oit-Duportail dit que, bien qu'il ne soit pas préparé à cette discussion, il ondre quelques mots à M. Tresca.

s encore pu trouver en quoi la théorie de M. de Mondesir est défectueuse, semble que, quel que soit le procédé que l'on emploie pour mettre un corps e en mouvement, le travail moteur nécessaire sera toujours proportionnel e la vitesse pour une même masse, et que l'on aura inévitablement :

$$T = \frac{1}{2} MV^2.$$

cas de la ventilation, la masse est proportionnelle elle-même à la vitesse, nême section, et l'on a par conséquent :

$$M = KV,$$

éduit :

$$T = \frac{1}{2} KV^3,$$

ılte que, dans tous les systèmes de ventilation le travail doit être pro- au cube de la vitesse.

ıt-Duportail ajoute que c'est la base même du calcul qu'il trouve défec- comprend que l'on applique la théorie du choc dans le cas de la rencontre rps, de deux billes de billard, par exemple, mais l'entraînement au moyen nprimé, lui paraît produit par une sorte de frottement agissant tangen- et il ne croit pas que l'on puisse appliquer dans ce cas la formule de la mouvement $MV = Ft$, mais bien la formule de la puissance vive et du l vient de rappeler.

ésident appuie l'opinion de M. Benoit-Duportail. Il insiste sur ce qu'il a

dit à cet égard, lors de la discussion sur laquelle l'incident actuel ramène M. Tr La loi des résistances au mouvement et celle d'où dérive l'expression du trava cessaire pour vaincre ces résistances peuvent être considérées comme absolues. la part à faire à ces lois dans l'application, est une question de méthode de ca pas autre chose. C'est l'erreur de la méthode qui semble ici évidente. En vo écarter du calcul les circonstances physiques et mécaniques qui modifient pr dément les faits élémentaires de la résistance au mouvement et ceux du trava arrive à des résultats impossibles; alors, pour ramener l'expression du calcul près de la vérité on invente des coefficients : on appelle cela faire la part des résist indéterminées et accessoires. Mais peut-on donner le nom de coefficient à des nor qui diminuent ou qui accroissent l'expression des résultats cherchés dans des portions sans limite?

L'exemple des erreurs de méthode qui depuis près d'un siècle subsiste grand détriment de la navigation, dans les calculs relatifs au mouvement des dans l'eau, n'est-il pas là pour nous mettre en garde contre cet excès de rigidit l'application des règles scientifiques? Si, dans l'entraînement de l'air ambiant pa comprimé, l'énorme perte de force affirmée par M. Tresca existait réellement, ment expliquerait-on l'énergie du tirage par entraînement que les échappeme vapeur produisent dans la cheminée des locomotives?

Le coefficient habituel des souffleries bien construites est de 0,70 à 0,75. Po montrer que ce coefficient se réduit à 0,02 par l'emploi subséquent de l'air lan cette soufflerie pour entraîner l'air ambiant, il faudrait intégrer un ensemble d relatifs à la température, à l'élasticité, à la dilatabilité, à la pénétrabilité de l'ai A l'invraisemblance de l'assertion il faudrait adjoindre des calculs qui ser presque impossibles.

M. Tresca admet parfaitement qu'une soufflerie rende 60 pour cent d'effet mais, lorsqu'on a produit un courant d'air par des moyens de cette nature donné 60 pour cent d'effet utile, et que cet air rencontre de l'air en repos, il bien difficile d'admettre que cette nouvelle transformation du travail soit très-p ble. Il ne saurait d'ailleurs admettre que les lois fondamentales soient si éloign la vérité que tendraient à le faire croire les observations générales de M. le Pré En balistique, par exemple, on se sert encore de la loi du cube des vitesses e considère comme parfaitement vérifiée par les faits. Dans la navigation même, loi est encore applicable quand on prend soin de l'appliquer, ainsi que le veut la rie, à des corps de même forme, animés de vitesses différentes. Au reste, M. ne désire en aucune façon soulever une discussion nouvelle; son but unique d'affirmer seulement qu'il persiste dans sa manière de voir, comme la seul en pareille matière.

M. le Président donne la parole à M. Jules Morandière, qui avait été char M. Eugène Flachat de présenter à la Société les renseignements recueillis su ploi de la contre-vapeur comme frein, pour modérer la vitesse des trains à l cente des fortes rampes.

M. Morandière indique que dans la séance du 6 avril 1866, M. Flachat a f communication pour annoncer la réussite des essais entrepris au chemin de nord de l'Espagne, d'après les instructions de M. Le Chatelier, pour régula rendre pratique, d'une manière continue, l'emploi de la contre-vapeur à la d des rampes.

: motifs avaient empêché jusqu'alors de prendre la résistance sur la machine, ant contre-vapeur :

ı pression monte trop rapidement par suite du refoulement, dans la chaudière, aspirés dans la boîte à fumée;

ı température s'élève dans les cylindres et les tiroirs, au point de brûler les res et de faire gripper les pièces frottantes.

remier inconvénient disparaît en lançant dans la tuyère de l'échappement de ur prise sur la chaudière elle-même; cette vapeur est aspirée au lieu et es gaz de la boîte à fumée, mais comme elle emmagasine de la chaleur par sa compression dans le cylindre et du travail de refoulement, elle cesse d'être se surchauffe, et on retombe dans le deuxième inconvénient : pour éviter on injecte, dans la vapeur prise sur la chaudière et lancée dans l'échappe poids d'eau qui est nécessaire pour maintenir la vapeur saturée et l'empê- se surchauffer. La vapeur et l'eau sorties de la chaudière, aspirées dans la e d'échappement comprimé dans le cylindre, puis refoulées dans la chaudière y ent en partie en y introduisant des quantités de chaleur équivalentes au tra- istant opposé par les pistons ; ce qui est quelquefois plus que suffisant pour ir la chaudière en pression, sans aucune consommation de combustible, ainsi aient montré les expériences.

issance de résistance que la machine développe peut atteindre la limite de ıce.

s la première communication faite à la Société, les applications du système étendues et perfectionnées sur divers chemins de fer, et M. le Président de é des Ingénieurs civils a cru utile de réunir divers documents destinés à la re connaître exactement les détails de l'application pratique, son importance venir. Ces documents seront imprimés dans le Bulletin, et nous allons seu- n donner une courte analyse.

me note d'introduction, M. Flachat rappelle d'abord l'insuccès des freins à dû en grande partie à cette circonstance, que les ressorts de choc, qui tendus pendant l'arrêt, par suite de la poussée des voitures vers l'avant, laient après l'arrêt en produisant des réactions violentes. Il est ensuite ıe, sur les inclinaisons de 6 millimètres et au delà, les convois prennent des ions dangereuses, qui nécessitent la concentration de puissants moyens ıtre les mains des mécaniciens; par suite, il paraît à la fois logique et de donner aux locomotives une facilité de modération de vitesse égale à sance de traction, car la machine sera toujours alors capable de retenir le elle a monté. Les essais du nord de l'Espagne, dus aux instructions données e Chatelier, sont alors rappelés dans cette même préface ; à la suite vient ıtion de la longueur des pentes, au delà de 10 millimètres, sur les chemins ınçais et sur divers autres, afin de faire ressortir quelle est l'importance de ı, et à quels besoins du moment elle répond. Les pentes au delà de 10 mil- atteignent des développements d'environ :

réseau de	l'Est	300	kilomètres.
—	Lyon	650	—
—	Orléans	670	—
—	Midi	200	—
—	Ouest et Ceinture	250	—
ɔle sur le réseau français		2,070	—
ıq chemins espagnols		290	kilomètres.

Les applications faites, ou en train sur les locomotives sont : de 180 pour le
Espagne, et d'environ 500 pour la France, où la Compagnie de Lyon figure
seule pour 450.

Parmi les pièces du dossier se trouve une collection des profils itinéraires de
tions où se trouvent des pentes supérieures à 10 millimètres, pour les chem
fer de l'Est, de Lyon et du Midi, ainsi que des états de longueur de ces pente
les mêmes chemins, et en outre pour les Compagnies d'Orléans, de l'Ouest
Nord.

M. Marié, ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction à la Com
du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, a rédigé, pour le service d
Compagnie, une note très-complète sur l'emploi de la contre-vapeur pour m
la vitesse des trains. Nous insisterons sur cette note qui se trouve parmi le
seignements réunis par M. Flachat ; elle fait connaître à la fois le but à rem
rempli par le système, l'application perfectionnée qui en a été faite au cher
Lyon, ainsi que des expériences sur divers trains et sur divers profils ; elle c
en outre une instruction pour les mécaniciens et des dessins de l'appareil. D
sorte qu'elle peut servir de guide pour l'application du système dans la pratic

Dans la disposition adoptée au chemin de fer de Lyon, la vapeur et l'ea
prises dans la chaudière, chacune par un tuyau spécial ; les deux tuyaux abou
à une boîte en cuivre, divisée en trois compartiments ; dans un des comparti
arrive l'eau ; dans le deuxième, latéral au premier, arrive la vapeur. Une cl
lumières sépare chacun de ces compartiments du troisième. Des tiroirs, plac
ces cloisons et manœuvrés par le mécanicien, règlent l'écoulement des deux fl
qui se réunissent dans le troisième compartiment, et se rendent de là par un
commun à la base de l'échappement. Le volume de mélange d'eau et de va
injecter dans les tuyaux d'échappement, pour empêcher l'aspiration des gaz d
cylindres, doit toujours excéder d'une petite quantité le volume aspiré par le
tons ; la pratique et les calculs font voir que les conduits de l'échappement f
un réservoir suffisant pour compenser les inégalités qui existent entre la
d'aspiration variable des cylindres et la vitesse d'écoulement uniforme du m
eau et vapeur. Le mécanicien doit, pour remplir les conditions ci-dessus, ré
position du tiroir d'injection de vapeur, de telle sorte qu'il aperçoive consta
un léger nuage de vapeur sortir à jet continu par l'orifice de la cheminée. L'
sion de l'eau est réglée de la même façon par l'autre tiroir, et le mécanicien
naît que la quantité injectée est suffisante, lorsqu'une petite partie s'échappe
cheminée et produit en retombant une pluie fine, comme fait une machi
prime légèrement.

Quant à la résistance que la machine oppose, elle dépend du plus ou mo
course qu'on donne au tiroir de distribution, puisque les périodes de comp
et de refoulement augmentent à mesure que l'on s'éloigne du point mort.
donc, suivant le profil et la marche du train, régler sa vitesse à la deman
rampes en variant les crans de détente du levier de changement de marche
tout le monde sait combien cette manœuvre, pendant la contre-vapeur, est
et souvent même dangereuse, et il a été reconnu notamment, au che
Lyon, qu'il est indispensable de remplacer le levier et son secteur à crans p
vis manœuvrée au moyen d'un volant de $0^m,25$ à $0^m,30$ de diamètre. La
est du reste adoptée comme changement ordinaire sur beaucoup de chemins a
est d'un pas allongé, fait environ huit tours pour amener la marche du poi

vant au point extrême d'arrière, et il suffit de 3 à 6 secondes pour cette . Un index mobile sur une règle divisée indique au mécanicien le cran au-rche.

examine maintenant les conséquences de l'emploi de la contre-vapeur au ue de la conservation du matériel et de la sécurité des trains, on en con-vantages suivants : le mécanisme de la machine travaillant dans la marche actement dans les mêmes conditions que dans la marche directe, ce tra-ut le fatiguer exceptionnellement.

i de la contre-vapeur permettant toujours de supprimer l'action d'un mbre de freins, il en résultera sans aucun doute une notable économie retien des bandages et des sabots de freins. En outre, le nombre des ns pourra être notablement diminué, et le service de ceux qui seront sera beaucoup moins fatigant. La voie qui est si fatiguée par la descente pes des véhicules à freins serrés, le sera d'autant moins que le nombre sera diminué.

ne, la Compagnie de Lyon a décidé l'application immédiate des appareils vapeur et des vis de changement de marche aux 450 locomotives de son elées à fonctionner sur rampes de 8 millimètres et au delà.

ur, ingénieur des ponts et chaussées, chef de service au chemin de fer e l'Espagne, a fait, sur l'emploi de la contre-vapeur comme frein, un héorique, qui vient de paraître *in extenso* dans le numéro de la qua-aison de 1866 des *Annales des mines*, et dont une grande partie sera dans le bulletin de la Société. Dans ce mémoire sont développés les cal-s au nombre de calories d'abord enlevées à la chaudière par l'écoulement e d'eau et de vapeur, puis restituées à la chaudière par suite de la com-t du refoulement par le piston du mélange aspiré dans le travail à con- L'auteur trouve que pour un kilomètre de parcours la chaudière de la u'il considère comme exemple, gagne :

au 3e cran,	3087	calories,	soit en charbon consommé. .	$0^{k}.69$
6^{e}	—	5606	—	—	1.25
12^{e}	—	9918	—	—	2.20

admet que les pertes de chaleur par rayonnement et fuites correspondent mation de $1^{k}.25$ de charbon par kilomètre, on voit qu'à partir du 6e cran e conserve sa température et sa pression sans aucune consommation de . À cette économie du combustible, M. Ricour ajoute les avantages la diminution des freins et du personnel, de la moindre usure de la bandages, et il arrive pour le chemin de fer du nord de l'Espagne à une nnuelle totale de. . . . . 173.000 fr. aide d'une dépense de premier établissement de . . . . . . 28.421 fr. our monter 180 appareils, à 158 fr. pièce, sur 180 locomotives. On ement dans le mémoire de M. Ricour d'autres calculs qui n'ont trait ment à la contre-vapeur.

min, ingénieur en chef de la traction et du matériel aux chemins de fer emis à M. Flachat une note contenant les résultats de quelques expé-es sur ce chemin, et annonçant que ces essais ayant été aussi satisfaisants divers autres chemins de fer, la Compagnie se proposait de généraliser la contre-vapeur.

M. Dieudonné, inspecteur du matériel et de la traction aux chemins de fer de l'Est, communique à la société quelques résultats observés tout récemment sur la ligne de Luxembourg, à Spa et Pepinster.

On a mesuré mathématiquement la résistance opposée par la machine marchant à contre-vapeur, au moyen d'un dynamomètre renversé, intercalé entre la machine et le premier wagon : on a trouvé d'après les diagrammes, dont une copie a été déposée à la Société, que la force retardatrice, ainsi mesurée sur les tampons du tender, atteignait les valeurs suivantes :

Machine à 8 roues couplées, à la descente d'une pente de 20 millimètres, le levier de changement de marche au 7e cran, résistance de. . . . . 3000 kil.

Machine à 6 roues couplées, à la descente d'une pente de 15 millimètres :

1° Levier au	6e cran.	1100 kil.
2° Levier —	8e —	1520 —
3° Levier —	10e —	1850 —

En palier la résistance pour cette dernière machine est de 2.700 kil. au 10e cran ; or le 10e cran correspond à une admission de 60 p. 100 environ. Le rapport de l'effort 2.700 au poids de la machine, 33 tonnes, est égal à 0.082. Ces divers résultats sont conformes à ceux qui ont été obtenus sur le chemin de Lyon.

L'examen des diagrammes montre que les oscillations de la courbe sont très-faibles; elles sont à peine le quart des oscillations observées pendant la traction, en remontant la même rampe. Par conséquent on peut dire que l'action du frein à contre-vapeur est très-douce. Si au contraire nous examinons un diagramme relevé pendant la descente d'une forte pente, en faisant usage du frein du tender alternativement serré et desserré, nous voyons que la courbe est très-irrégulière, elle a des soubresauts énormes; et cependant le frein du tender était manœuvré avec le plus grand soin,

L'application du frein de M. Le Chatelier aura donc pour conséquences d'éviter les dangers de rupture d'attelage et les fortes secousses pour les voyageurs.

M. Guébhard, ingénieur au chemin de fer de l'Est, fait remarquer que sur ce chemin les deux robinets de vapeur et d'eau sont liés ensemble et s'ouvrent par une seule manœuvre; le débit de l'eau est réglé sur la plus grande consommation prévue, il y en a peut-être un excès, mais on est sûr qu'il n'y aura pas d'échauffement. Le chemin de l'Est n'a pas encore de changement à vis, mais il va en avoir, la manœuvre du levier ayant été trouvée très-difficile et même dangereuse.

M. Marié, répondant à M. Guébhard, fait remarquer que l'on a commencé d'abord au chemin de Lyon par réunir les mouvements des tiroirs d'introduction d'eau et de vapeur; on a même projeté de les réunir au mouvement du levier de changement de marche lui-même, mais on a cru devoir y renoncer pour les raisons suivantes :

Les quantités de vapeur et d'eau à injecter doivent varier toutes deux, mais suivant des lois séparées, avec la pression de la vapeur, la longueur de l'introduction, la vitesse de la machine ; il y aurait inconvénient à ce que ces introductions fussent insuffisantes, inconvénient aussi à ce qu'elles fussent en excès.

De plus, suivant que la machine marche, cheminée en avant ou cheminée en arrière, l'injection doit correspondre aux positions inverses du levier de distribution.

En présence de la complication du problème, il a semblé plus simple et plus sûr de régler les admissions d'eau et de vapeur par des appareils indépendants.

M. Benoit Duportail donne quelques détails sur le système de Bergue appliqué,

d'essai, à une machine de la Compagnie de l'Ouest, faisant le service de la de Saint-Germain.

pareil se compose, comme on le sait, d'un réservoir spécial communiquant tuyau de prise de vapeur et muni de deux soupapes : l'une de ces soupapes, au moyen d'un ressort, ne se soulève que sous une pression déterminée et les fonctions d'une soupape de sûreté; l'autre, manœuvrée par le mécanirt à graduer l'action de l'appareil.

prise d'air extérieure est établie sur le tuyau d'échappement au moyen d'une ui, en s'ouvrant, ferme en même temps l'orifice d'échappement de vapeur cheminée.

iverses manœuvres à faire pour arrêter le train s'obtiennent au moyen des ouvements ordinaires :

fermant le régulateur, on ouvre en même temps la communication entre érieur et le cylindre, et la communication entre le tiroir de distribution et voir d'air;

renverse la marche.

obtenir ce résultat, on a dû allonger le tiroir du régulateur et augmenter sa aussi cette disposition, en simplifiant la manœuvre, présente-t-elle l'inent d'augmenter très-notablement l'effort à faire sur le levier du régulateur faire mouvoir.

areil de M. de Bergue fonctionne depuis vingt mois environ sur la rampe -Germain, et n'a donné lieu à aucun chauffage, ni grippement.

rêts s'obtiennent avec facilité et dans les conditions prescrites, même sur la 35 millimètres par mètre.

orte de remarquer que le trajet de Saint-Germain au Pecq est très-court; , si les résultats obtenus sur cette ligne permettent d'apprécier l'appareil i concerne son fonctionnement pour les arrêts ordinaires aux stations, on pas en tirer de conclusion relativement au cas, d'ailleurs infiniment plus la descente des longues pentes avec freins constamment serrés.

tre circonstance exceptionnelle se produit sur la rampe de Saint-Germain : ines n'ayant à faire qu'un très-court trajet suivi d'un long arrêt, on a in- que la pression soit très-basse pendant la descente : il résulte de là que du régulateur se soulève assez fréquemment pendant le fonctionnement du qu'une partie de l'air est alors refoulée dans la chaudière.

actuellement une étude ayant pour but, d'une part, d'éviter cet inconet d'autre part, de diminuer l'effort à exercer sur le levier du régulateur, commander le tiroir du réservoir d'air et le clapet de prise d'air par le changement de marche.

EBHARD rapporte que le frein de Bergue a été également essayé sur une u chemin de l'Est. Il a bien fonctionné, même sur les rampes assez lone Épernay et Reims, mais ces rampes présentent seulement 9 millimètres son, et les trains étaient peu lourds. On se propose de faire des expéus concluantes.

ONBONNE, inspecteur de la traction au chemin de fer du Nord, dit qu'un e Bergue, essayé sur une machine de la Compagnie et sur la rampe du e fer d'Enghien à Montmorency, fonctionne d'une manière très-satisfaiatefois, bien que la rampe atteigne, en arrivant à Montmorency, une incli- 45 millimètres par mètre, sur 1200 mètres, et bien que la pente soit de

17 millimètres par mètre, sur les 1400 mètres formant le reste de l'embranchement, il faut répéter ce que M. Benoît Duportail dit pour la rampe de Saint-Germain, c'est que cette expérience ne peut donner une idée de la valeur du frein de Bergue, appliqué sur des rampes d'une grande longueur.

M. Desmousseaux de Givré lit une note que l'on trouvera *in extenso* dans le Bulletin, et qui a pour objet principal de rappeler combien il serait avantageux de pouvoir résoudre ces questions de *contre-vapeur* et autres semblables, au moyen d'une théorie simple et vraiment usuelle de la transformation de la chaleur en puissance mécanique et réciproquement. Cette note indique aussi dans quel esprit on peut chercher à établir cette théorie.

Séance du 19 Avril 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 5 avril est adopté.

M. le Président rappelle qu'un exemplaire de la répartition des membres de la Société dans les sections chargées d'examiner les produits à l'Exposition universelle de 1867, a été envoyé avec le procès-verbal de la dernière séance, et il invite les membres de la Société à réunir, dès à présent, les documents relatifs à l'examen dont ils sont chargés.

La parole est donnée à M. Lissignol pour sa communication sur les *propulseurs hydrauliques*.

M. Lissignol appelle ainsi tous les propulseurs qui agissent sur l'eau de la même manière que les ventilateurs agissent sur l'air, et qui constituent un appareil *réciproque* par rapport aux turbines. Ces appareils sont des machines à réaction.

M. Lissignol fait l'historique des divers essais tentés dans cette voie :

1° En 1854 environ, M. Hervier, membre de la Société, a proposé un appareil analogue à un ventilateur à aubes courbes, aspirant l'eau par son centre et la rejetant à l'arrière du navire par un canal rectangulaire.

2° Depuis quelques années l'usine de Seraing a construit un petit bateau pourvu d'un propulseur de même nature et qui fonctionne encore journellement sur la Meuse.

3° Dès 1850 M. Ruthven a employé un système analogue sur un navire à vapeur qui fait un service régulier sur l'Oder et la Sprée.

4° En 1863, la marine militaire française a fait l'essai sur le *Patient* d'un appareil à réaction construit par M. Coignard, appareil qui consistait en deux pompes centrifuges du système breveté par ledit inventeur, rejetant l'eau vers l'arrière du navire par deux tubes parallèles.

5° Enfin en 1865 et 1866, l'amirauté britannique a fait établir un propulseur Ruthven à réaction, sur la canonnière cuirassée *le Waterwitch*.

Le navire *le Patient* avait les dimensions suivantes :

Longueur entre perpendiculaires à la flottaison	22^m,86
Largeur hors membres	4, 20
Tirant d'eau moyen.	1, 66
Surface immergée du maître couple.	5, 05

pport officiel résume les expériences faites sur ce bâtiment, et fournit quel- nseignements intéressants, les seuls que M. Lissignol ait pu recueillir.

machine à vapeur du Creusot, pourvue d'engrenages, a servi à mettre en mou- deux propulseurs successifs, une hélice ordinaire à 4 branches et ensuite pes Coignard. L'hélice était dans de bonnes conditions. Les résultats de ces opulseurs ont été les suivants :

	Appareil Coignard.		*Hélice.*
rt mesuré au dynamomètre du point fixe.	450^{kg}	—	1500^{kg}
isation ou valeur de μ dans la formule $V = \mu\sqrt[3]{\frac{\Phi}{B^2}}$.	2,76	—	4,85

ort entre les deux utilisations est de 1 à 2 ; mais le coefficient d'utilisation (μ) areil Coignard s'est élevé jusqu'à 3 après la diminution de la section des ori- évacuation de l'eau.

ssignol donne quelques explications sur ce qu'on entend en marine par uti- . Le cube de la vitesse du navire est proportionnel au travail moteur développé pistons de la machine et en raison inverse de la section du maître couple é. Le cube de la vitesse est en outre proportionnel à un certain coefficient A obtient en posant l'équation

$$V^3 = A\,\frac{\Phi}{B^2},$$

quelle Φ représente la force en chevaux de 200 kilogrammètres développée iston, et B^2 la surface du maître couple immergé. En extrayant la racine cu- part et d'autre on a la formule

$$V = \mu\sqrt[3]{\frac{\Phi}{B^2}},$$

e dans tous les calculs de constructions navales tant en France qu'en Angle- qui permet d'apprécier immédiatement la perte de vitesse due aux variations icient (μ).

ssignol lit ensuite les conclusions du rapport officiel en ce qui concerne les ces du *Patient*, conclusions qui établissent la défectuosité de l'appareil Coi- ous le rapport de l'utilisation, de l'encombrement, du poids et des facultés ion. Par suite, la commission déclare l'appareil impropre à rendre des services

reil Ruthven a été l'objet de récentes expériences faites par l'amirauté . Deux canonnières à très-peu près identiques et ayant les dimensions sui-

	Waterwitch.	Vixen.
Longueur	49^m,375	48,766
Largeur	9, 779	9, 88
Creux de cale.	4, 190	4,140
Tonnage légal *de la coque*	781 tonneaux.	755 tonneaux

ontété pourvues : l'une, *le Wixen*, d'un appareil à deux hélices de Madsley ; l'autr *le Waterwitch* d'un propulseur hydraulique système Ruthven.

Cet appareil se compose de deux couronnes réunies par des ailes dirigées suivan le rayon. La couronne supérieure est fixée à l'arbre de la machine par l'intermédiair d'un tourteau en fonte. L'eau est amenée à l'orifice central de la couronne inférieure par un canal rectangulaire en tôle. Ce canal se termine vers la turbine par des cour bes directrices, et vers les galbords du navire par une série d'orifices rectangulaire percés dans ces galbords.

L'eau aspirée par la turbine est évacuée à la circonférence dans une envelopp métallique d'où elle s'échappe par un ou deux tuyaux formant ajutages et placés u sur chaque bord du navire.

La moyenne des résultats obtenus dans un grand nombre d'expériences a donné

Pour l'utilisation (μ) du *Vixen*. 4,25
Pour l'utilisation (μ) du *Waterwitch*. 4,35

M. Lissignol présente ensuite le tableau comparatif suivant des utilisations obte nues sur des navires pourvus de propulseurs différents. Ce tableau contient les mei leures utilisations connues pour les machines à hélice, et la plus mauvaise obtenu avec les mêmes machines. Le tableau met également en regard les utilisations obt nues avec les propulseurs à roues et le propulseur Ruthven.

Le tableau ci-contre fait ressortir un résultat bien connu, c'est que l'utilisatio des meilleures machines à hélice est supérieure de 1/10 à l'utilisation des me leures machines à roues, lorsque les essais sont faits par temps ordinaire.

Les bonnes machines à hélice donnent une utilisation de 5,5 à 5,6 ; les bonn machines à roues donnent une utilisation de 5 à 5,10.

Le propulseur Coignard n'a donné que 2,76 et 3 après rétrécissement des o fices, en un mot une utilisation des plus faibles, inférieure à celle des plus ma vaises machines à hélice.

Le propulseur Ruthven du *Waterwitch* a donné une utilisation presque égal celle des machines à hélice ordinaires, et en tous cas un résultat supérieur à ce donné par la machine à 2 hélices du *Vixen*, construite par Mandslay. Cependant hélices du *Vixen* sont bien conçues et ont une résistance relative très-faible. Il donc à présumer que les coques du *Vixen* et du *Waterwitch*, étant trop gros aux deux extrémités et ayant des lignes trop renflées, sont la cause réelle de l' fériorité du coefficient d'utilisation sur ces deux navires. Il n'y a pas à désesp du succès d'un propulseur qui, dès son premier essai en grand, donne un résu sensiblement supérieur à celui d'une bonne machine à hélice, appliquée dans mêmes conditions. On peut d'ailleurs citer un assez grand nombre de navir hélice, qui ont une utilisation inférieure à celle du *Waterwitch*. Les paquebo roues des messageries de la ligne du Brésil, ont une utilisation inférieure de quart environ à celle du propulseur Ruthven.

Si l'on compare le propulseur Coignard et le propulseur Ruthven, on peut ex quer, comme suit, la différence des utilisations respectives.

La théorie des ventilateurs s'applique de tous points aux propulseurs hydr ques. Cette théorie établit deux catégories de ventilateurs :

1° Ceux qui ont un petit diamètre, tournent très-vite, et lancent de l'air en p quantité, mais à une très-forte pression ;

2° Ceux qui ont un grand diamètre, tournent plus lentement et débiten grand volume d'air à une faible pression.

NOMS DES NAVIRES.	PROPULSEUR.	NOMBRE de RÉVOLUTIONS par minute du propulseur.	TRAVAIL DE L'INDICATEUR sur les pistons. chevaux de 75 kilogrammètres.	chevaux de 200 kilogrammètres Φ	SURFACE immergée du maître couple B^2.	VITESSE en nœuds (par heure) V.	VALEUR du coefficient μ dans la formule $V = \mu \sqrt[3]{\frac{\Phi}{B^2}}$.
					m²		
Seine-et-Rhône (Ce générale transatlantique)	Hélice à 4 ailes	76	393,83	147,69	20,30	10n	5,18
Tigre (Messageries impériales)	Id	34.09	1599,00	599,00	47	12,73	5,45
Solférino (vaisseau cuirassé)	Hélice à 6 ailes	49,7	3273,00	1264,0	108,21	12,69	5,59
Duroc (aviso de l'État)	Hélice à 2 ailes	27,65	257,50	96,56	16,78	9,64	5,37
Pereire (Ce générale transatlantique)	Hélice à 4 ailes	57,2	3398,00	1274,0	61,74	15,35	5,59
Anciennes batteries flottantes de Crimée	Hélice à 4 ailes	152,0	293,00	110,0	33,85	4,3	2,91
Washington (Ce générale transatlantique	Roues pales fixes	17,07	3276,00	1228,0	63,86	13,59	5,08
Guyenne (Messageries générales)	Roues pales articulées	18,876	»	556,0	37,66	12,546	3,27
Arabe (aviso de l'État)	Roues pales fixes	24,83	136,93	51,34	11,72	6,12	3,74
Vixen (marine anglaise)	2 hélices	114,65	766,00	289,0	29.263	9,002	4,19
Id	Id	110,3	740,00	275,0	31,028	8,894	4,30
Waterwitch (marine anglaise)	Propulseur Ruthven	42,16	834,50	313,0	27,312	9,909	4,39
Id	Id	41,68	828,40	310,7	31,817	9,255	4,33
Patient (aviso de l'État)	Propulseur Coignard	433,00		34,01	6,016	4,92	2,76
Patient *id*	Hélice à 4 ailes	145,43		30,63	4,714	8,86	4,88

Le propulseur Coignard appartient à la première catégorie. Il fait 450 tou
minute, n'a que 0^{m},64 de diamètre, et élève la pression de l'eau dans les
d'évacuation à 47 centimètres de mercure.

Le propulseur Ruthven appartient à la deuxième classe; il ne fait que 42 t
a 14 pieds anglais de diamètre.

Les pertes de force vive dans les coudes étant proportionnelles au carr
vitesse de l'eau, et par suite à la pression établie dans la turbine, il en résu
les pertes de travail moteur doivent être beaucoup plus considérables avec
pulseur Coignard qu'avec le propulseur Ruthven. On peut expliquer ainsi en
partie la différence d'utilisation des deux appareils.

Le propulseur Hervier paraît être le plus rationnel, au point de vue de
pression des pertes de force vive dans les coudes.

L'élévation inutile de l'eau dans le propulseur Ruthven et la mauvaise d
tion des ailes, doit être aussi une cause de perte de force vive, à laquelle on
rait remédier facilement par des modifications très-simples aux dessins de
teur.

Après avoir développé ces considérations, M. Lissignol expose les avant
propulseur Ruthven :

1° La situation du propulseur à l'intérieur du navire, le met à l'abri du
et à l'abri des obstructions provenant de l'enroulement des filins tombés à
pendant un combat. Par le moyen d'une vanne qui permet de fermer à vol
conduit d'aspiration, on peut visiter le propulseur à la mer.

2° Le fonctionnement du propulseur hydraulique est indépendant de l'éta
mer, tandis que les hélices et les roues sont paralysées en partie dès que la
grossit.

3° L'utilisation du propulseur Ruthven est indépendante du tirant d'eau
vire; on n'a plus à se préoccuper de la résistance relative du propulseur
pour les roues et les hélices.

4° En cas de voie d'eau au navire, le propulseur peut servir de pompe d
ment sans perdre ses propriétés propulsives. Aucune machine connue ne p
cet avantage précieux, surtout pour les navires de guerre pendant un com
quantité énorme d'eau ainsi extraite peut servir à étancher l'eau arrivant p
sieurs trous que feraient les boulets du plus fort calibre.

5° La facilité d'évolution est extrême. Les conduits d'évacuation de chaq
sont pourvus chacun d'un robinet à boisseau et de deux ajutages extérieu
tourné vers l'avant, l'autre vers l'arrière du navire. Les deux robinets so
mandés par des renvois de mouvement très-simples, qui permettent de les
vrer de dessus la passerelle du commandant. Les boisseaux des robinets lai
jeu de 2 millimètres environ entre leur surface intérieure et les cônes mob
effort très-modéré suffit pour tourner les cônes de ces robinets dans la
voulue, pour faire écouler l'eau soit par les ajutages d'avant, soit par ce
rière. Aussi obtient-on l'arrêt complet du bâtiment en quelques secondes
une longueur à peine égale à 1 fois 1/2 la longueur du navire. Le bâtimen
littéralement sur lui-même.

Le mécanicien n'a pas besoin de changer l'allure de sa machine pen
différentes manœuvres et n'a absolument qu'à se préoccuper du bon fon
ment de l'appareil confié à ses soins.

Cette facilité d'évolution est précieuse pour un bâtiment de guerre, surtout dans une mêlée analogue à celle de Lissa, lorsqu'il s'agit de combattre par le choc.

Les autres propulseurs mentionnés ne présentent pas cet avantage.

M. Lissignol expose ensuite les objections faites au propulseur hydraulique :

1° Le système de la machine et la difficulté présumée du démontage. La comparaison avec les roues et les hélices semble au contraire être en faveur du propulseur Ruthven, par suite de diverses dispositions ingénieuses et simples.

2° Le poids et l'encombrement. Les hélices exigent des tunnels, une ligne d'arbres, des paliers spéciaux, etc.; les roues exigent des tambours, des arbres de roues, des paliers extérieurs et leurs supports. Somme toute, le désavantage du propulseur hydraulique n'est pas aussi sensible qu'on pourrait le croire. C'est ce qui ressort du tableau suivant, où l'on a réuni autant que possible, pour chaque propulseur, les accessoires qu'il entraîne et les organes de transmission à partir de la machine proprement dite.

NOMS DES NAVIRES.	Force développée sur les pistons en chevaux de 200 kilogrammètres.	Poids du propulseur, de ses accessoires et de la transmission.		OBSERVATIONS SUR LES POIDS.
		Total.	par cheval de 200 kgm.	
Danaé (frégate française à hélice directe)	260	17tx	57,7	Sans tunnel et sans les ferrures d'étambot.
Dryade, id.	288	21	73,0	Id.
Saône (transport à hélice, marine impériale directe)	160	13	81,3	Id.
Bretagne (vaisseau à vapeur, hélice directe)	1200	105	87,5	Id.
Shanghaï (corvette à hélice directe)	400	36	80,0	Avec garnitures d'étambot et sans tunnel.
Remorqueur (à roues, compagnie générale transatlantique)	130	25,4	195	Avec tambours et tous accessoires.
Washington (compagnie générale transatlantique)	1260	300	238	Id.
Waterwitch	300	30	100	Propulseur et conduits complets remplis d'eau.

Enfin on a objecté au propulseur Ruthven et au point de vue des navires de guerre, que les ajutages d'évacuation étaient au-dessus de la flottaison. Or, il résulte des expériences faites par l'amirauté anglaise, qu'en chargeant le *Waterwitch* de manière à immerger complétement les ajutages, le coefficient d'utilisation obtenu a été le même que lorsque ces ajutages étaient au-dessus de la flottaison. L'objection tombe donc d'elle-même.

Dans les essais à la mer, le *Waterwitch* a eu des roulis beaucoup moins étendus et beaucoup plus lents que le *Vixen*.

L'amiral G. Elliott attribue ce fait incontestable pour tous ceux qui ont assisté aux essais, à la force centrifuge développée dans la turbine, laquelle tendrait constamment à maintenir l'axe de la machine dans un plan vertical. M. Lissignol s'abstient de toute appréciation sur cette explication, mais croit devoir la signaler. Le phénomène relatif aux roulis a été si frappant qu'il importe d'en rechercher la cause.

M. Lissignol conclut de tout ce qui précède, que le propulseur hydraulique présente de tels avantages pour certaines classes de navires de la marine militaire, qu'il im-

porte de le soumettre à une série d'expériences analogues à celles faites sur les h
lices lors de leur apparition, afin de déterminer les conditions pratiques de constru
tion nécessaires pour le nouvel appareil.

M. le Président pense qu'il est bien difficile d'admettre que l'avantage sign
quant à la stabilité tienne au propulseur employé; il serait plus naturel de l'attribu
à une répartition différente du poids dans les deux bateaux expérimentés. Tout
reconnaissant les divers avantages du nouveau moteur, tels que la situation à l'in
rieur du navire qui le met à l'abri des atteintes de tout genre, la simplicité du systèn
la facilité extrême d'évolution, la facilité de vider la coque envahie par l'eau, il én
le doute que cet appareil puisse fonctionner dans les mêmes conditions, s'il est no
ou s'il est au-dessus de la flottaison, puisque dans le dernier cas il constitue une sim
machine à réaction, tandis que dans le premier l'eau projetée exerce un effort d'i
pulsion analogue à celui des autres moteurs.

Il fait observer en outre que si le *Waterwitch* échouait sur le sable, ou passait s
la vase, l'appareil moteur serait immédiatement ensablé, cet inconvénient n'exi
pas dans les autres systèmes.

Il ajoute que le coefficient d'utilisation ne peut inspirer qu'une confiance limit
parce que la détermination du travail de la machine est difficile à préciser à mo
d'observations régulières; les courbes de l'indicateur ne sont pas tracées as
fréquemment, et elles ne le sont que lorsque la pression est élevée. Cela ne perr
pas de déterminer avec certitude le travail moyen développé dans les machi
marines; enfin la section au maître bau n'étant qu'un des éléments de la résista
à la marche du navire, et dans certains cas, n'étant pas le principal, il ne lui par
pas qu'il doive servir comme élément certain de comparaison. Il est vrai que la f
mule d'utilisation est généralement adoptée et ce n'est ici qu'une opinion pers
nelle qu'il exprime.

M. Pérignon appuie les observations précédentes, quant à la différence de sta
lité que le *Waterwitch* présente avec le *Vixen*. Il ne peut les attribuer au mote
mais aux différences de position du métacentre dans les deux navires comparés
demande en outre si, en fermant les deux orifices de sortie, on est obligé d'arré
la machine.

M. de (Cuyper) invité à assister à la séance, indique que le bateau liégeois, const
dans les ateliers de Seraing, d'après le système rappelé par M. Lissignol, fo
tionne dans un canal peu profond; les résultats économiques sont peu favorable
cause du faible tirant d'eau. Dans cet appareil au moment de l'arrêt, on lèv
tuyau par lequel l'eau s'échappe et la machine continue à fonctionner. Mais c
disposition n'est applicable que sur un bateau de faible dimension.

M. Lissignol ajoute que dans l'appareil du *Waterwitch* il y aurait des rupt
à craindre lors de la fermeture complète du robinet, si l'on n'arrêtait pas la
chine.

M. Maldant demande à quelle hauteur, par rapport à la ligne de flottaison du
vire, avait lieu l'émission de l'eau dans le propulseur appliqué au *Waterwitch*.

M. Lissignol répond que l'eau pouvait être projetée *indifféremment* au-dessu
au-dessous de la flottaison, et que les expériences avaient constaté que, dans
différents cas, les rendements étaient identiques.

M. Maldant fait observer alors que si ces résultats étaient certains, ils constitu
un des avantages les plus saillants du nouveau propulseur, en assurant aux mach
une égalité de marche résultant de l'uniformité de la résistance qu'on ne renco

pas avec les roues à aubes, ni avec les hélices. Chacun sait en effet que, pendant les grosses mers, la résistance produite par le mouvement des hélices et des roues est *si variable* qu'il en résulte souvent des mouvements désordonnés qui fatiguent les machines et exigent une grande attention de la part des mécaniciens.

Quant à la stabilité plus grande observée sur le *Watervitch*, M. Maldant fait observer qu'indépendamment des raisons qui peuvent provenir de la répartition différente du poids, il lui semble qu'on pourrait aussi en trouver la raison dans l'émission horizontale sur les flancs du navire, de deux colonnes d'eau lancées par les propulseurs hydrauliques.

M. le Président remercie M. Lissignol de son intéressante communication, et le prie de tenir la Société au courant des nouveaux documents qui lui seraient remis sur cette question.

Séance du 26 Avril 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 19 avril est lu et adopté.

M. le Président annonce que M. Yvon-Villarceau a obtenu, dans l'élection d'un membre pour la section de géographie et de navigation par l'Académie des sciences, 28 suffrages contre 29 accordés au candidat élu. Ce nombre de voix, si flatteur pour notre honorable collègue, est le gage de son entrée prochaine à l'Institut.

M. de Fonbonne lit une note sur le frein de Bergue appliqué aux machines locomotives.

L'augmentation de la longueur et de la déclivité des pentes sur les lignes nouvellement construites, en rendant l'usage des freins plus fréquent, presque continu, a rendu aussi leurs inconvénients plus saillants et appelé l'attention sur les remèdes à y apporter. Ces inconvénients sont connus. Ce sont, l'usure rapide des bandages et de la voie et le manque d'unité d'action dans le serrage, manque d'unité qui se traduit par une allure irrégulière dans la marche sur les longues pentes, et qui, dans les cas où l'arrêt doit se faire rapidement, occasionne la perte d'un temps précieux, en admettant même qu'on puisse compter sur la vigilance des garde-freins.

On s'est demandé si l'on ne pourrait pas faire un usage courant de la marche à contre-vapeur, qui offre la ressource d'un frein puissant à la disposition du mécanicien. Mais celle-ci avait aussi ses inconvénients qu'il fallait lui enlever. Des études faites dans ce sens sont sortis deux appareils nouveaux : le frein Le Chatelier, que l'on a décrit à l'une des dernières séances, et le frein de Bergue, qui fait surtout l'objet de la présente communication.

Avant de décrire ce dernier, il nous paraît nécessaire de dire quelques mots de la marche renversée et des causes qui en restreignent l'emploi.

Supposons le piston à une des extrémités de sa course, à l'avant, par exemple pour fixer les idées, et examinons ce qui se passe entre la face avant du piston et l plateau d'avant du cylindre, lorsque la marche est renversée.

Pendant une allée et une venue du piston, c'est-à-dire pendant un tour entier de roues, nous aurons six périodes à considérer :

1° Admission dans les cylindres de la vapeur de la chaudière;

2° Détente de la vapeur admise dans la période précédente;

3° Aspiration des gaz de la boîte à fumée dans le cylindre par l'échappement;

4° Refoulement dans l'échappement d'une partie des gaz aspirés pendant la pé riode précédente;

5° Compression des gaz restant dans le cylindre;

6° Refoulement de ces mêmes gaz dans la chaudière.

Ainsi les gaz de la boîte à fumée sont aspirés par l'échappement dans le cylindre et, après une légère compression dans le cylindre, refoulés dans la chaudière.

La marche à contre-vapeur a plusieurs inconvénients. Elle détermine :

1° L'échauffement des cylindres. Les gaz comprimés graduellement d'abord puis brusquement par l'irruption de la vapeur au commencement de la sixième p riode, s'échauffent; de plus, mélangés à cette vapeur, ils emmagasinent la chale produite par le travail de refoulement. Les matières lubrifiantes, sous l'influence d l'élévation de température, tendent à se décomposer et les pièces frottantes à gri per; le grippement est peut-être facilité par l'introduction des poussières cendreus en suspension dans les gaz de la boîte à fumée; enfin les joints et les garnitures détériorent rapidement;

2° L'élévation rapide de la pression dans la chaudière, par suite de l'introducti des gaz fixes échauffés. Cette élévation se produit malgré le débit des soupapes donne des inquiétudes pour la résistance des parois de la chaudière;

3° Le non-fonctionnement des injecteurs Giffard, par suite de la présence de l'a dans la vapeur. Cet inconvénient a de l'importance aujourd'hui que ce mode d'a mentation s'est généralisé.

A ces divers inconvénients, il convient d'en joindre un qui, sans tenir à la ma che renversée elle-même, a certainement été un obstacle à la généralisation de s emploi, c'est l'impossibilité où l'on est, avec les organes habituellement usités po le changement de la marche (le levier avec verrou mobile s'enclanchant dans l crans d'un secteur), de régler la force un peu brutale que fournit le renverseme de la marche. Non-seulement le levier a le désavantage de ne pouvoir être m nœuvré lorsque le régulateur est ouvert, mais encore il est d'un usage dangereu pour peu qu'il soit mal enclanché, le verrou peut, sous l'influence des trépidati de la machine, quitter l'encoche du secteur, et le levier, revenant brusqueme d'une extrémité à l'autre, blesser grièvement le mécanicien.

Pour toutes ces raisons, l'emploi de la marche à contre-vapeur est très-restrei Les mécaniciens ne s'en servent qu'après avoir épuisé tous les autres moyens d'arr et lorsque, malgré cela, ils sont près de dépasser une station ou d'atteindre obstacle; quelquefois aussi lorsqu'ils arrivent trop bas de pression à une stati ils l'emploient alors pour utiliser l'élévation de la pression à faciliter le démarra suivant.

M. de Bergue a cherché à obvier à tous ces inconvénients en prenant l'air d'a piration au dehors de la boîte à fumée et en le refoulant dans un récipient spéci où, par l'ouverture plus ou moins grande d'un robinet de dégagement, on règl

volonté sa tension. — Voici la description de l'appareil appliqué au chemin de fer du Nord.

La culotte de l'échappement a été modifiée de façon à présenter à sa partie inférieure une face plane, percée d'un orifice sur lequel repose un clapet pendant la marche ordinaire, et, à la partie supérieure, un siége sur lequel le même clapet vient s'appliquer quand il est soulevé. Il en résulte que les deux branches de la culotte, et par suite les cylindres, peuvent être mis à volonté en communication avec la tuyère de l'échappement ou avec l'air atmosphérique, suivant que le clapet est abaissé ou soulevé

Le récipient ou réservoir d'air comprimé est installé sur le corps cylindrique. Il est en fonte, d'une capacité de 90 litres environ, et percé de trois ouvertures. La première est fermée par une soupape de sûreté, la deuxième par un robinet ou papillon mobile autour d'un axe horizontal, la troisième par un tiroir. La boîte de ce dernier tiroir est reliée au tuyau d'admission de vapeur par un tuyau spécial qui vient s'embrancher sur le premier, près du régulateur.

Le mouvement de ce tiroir et celui du clapet de prise d'air sont commandés par une tige unique, dont l'extrémité aboutit à la plate-forme de la machine.

Le robinet de dégagement se manœuvre à l'aide d'une transmission distincte : le mouvement est donné par une manette à la portée du mécanicien. Enfin, un robinet placé sur la chaudière permet d'injecter de la vapeur dans la boîte à tiroir, afin de lubrifier les surfaces frottantes.

Lorsqu'on veut se servir du frein à air comprimé, on ferme d'abord le régulateur de la machine, puis on ouvre le tiroir du récipient : simultanément, comme nous l'avons dit, le clapet de la culotte d'échappement est soulevé, il vient s'appliquer contre la base de la tuyère d'échappement, et la communication se trouve établie entre les cylindres et l'atmosphère, interceptée entre les cylindres et la boîte à fumée. On renverse alors la marche. L'air atmosphérique aspiré par les cylindres est refoulé dans les tuyaux d'admission de vapeur, et de là dans le réservoir, d'où il s'échappe par l'orifice de dégagement. L'orifice de dégagement est habituellement ouvert en grand ; après le renversement de la marche, on tourne le robinet de façon à le fermer en partie, pour que la pression s'établisse dans le réservoir. La pression et par suite le travail du frein se règlent avec une grande facilité par les variations de l'ouverture de sortie de l'air.

La manette du robinet à la main, le mécanicien est complétement maître de sa vitesse. Son action est pour ainsi dire immédiate : cela tient à la faible capacité du réservoir et des tuyaux d'arrivée de l'air, capacité qui est en tout de 155 litres, celle des cylindres étant de 174 litres, en sorte qu'en un tour de roue environ on peut élever la pression d'une atmosphère, si l'on ferme complétement l'orifice de sortie de l'air.

Maintenant, si on se reporte aux inconvénients de la marche à contre-vapeur ordinaire énumérés plus haut, on pourra se rendre compte des avantages du frein à air comprimé, et cela donnera occasion de le comparer au frein Le Chatelier.

1° En premier lieu, l'un et l'autre des deux systèmes fournit un moyen simple de régler le travail du frein : le système de Bergue, par les variations de la pression, le système Le Chatelier par le changement du cran de marche.

D'après ce que nous avons dit du levier ordinaire, on voit que dans ce dernier cas il y a nécessité, pour ainsi dire absolue, d'employer le changement de marche à vis. Avec le système de Bergue, la nécessité est moins absolue ; cependant les accidents

graves qui peuvent résulter d'un enclanchement mal fait, ce qui se présentera
tablement un jour ou l'autre lorsqu'on en fera un usage courant, sont une
suffisante de substituer la vis au levier à verrou. Cette substitution fourni
second moyen de régler le travail, ou mieux permettrait de supprimer le pr
simplification qui n'est pas à dédaigner avec un frein comme celui de M. de B
auquel on peut reprocher sa complication.

2° Avec le frein à air comprimé, il n'y a plus d'introduction d'air dans la
dière, et le bon fonctionnement des injecteurs est assuré. On obtient le
résultat avec le frein à contre-vapeur, mais à la condition expresse que l'in
de vapeur mouillée à la base de l'échappement sera assez considérable pour
les rentrées d'air par l'échappement, ce qui a motivé la recommandation, fa
mécaniciens des chemins où ce système est employé, de toujours faire primer
ment leur machine.

3° Le système de Bergue supprime toute crainte au sujet de l'élévation b
de la pression dans la chaudière. Il en est de même avec le système à
vapeur, lorsque le mélange d'eau et de vapeur injecté dans l'échappement es
proportions convenables ; mais si le mécanicien est négligent, si de plus il
prudence de caler ses soupapes, l'élévation peut se produire et causer l'explo
la chaudière. Il faudrait, pour se mettre à l'abri de toute crainte, augmenter
face des soupapes, ou en ajouter une troisième, de façon à assurer un débit s
à la vapeur, et, en outre, couvrir l'une des soupapes d'une enveloppe cadena

4° Il nous reste à examiner l'effet des nouvelles dispositions en ce qui co
l'échauffement des cylindres.

Les expériences faites aux chemins de fer du nord de l'Espagne et de Pari
Méditerranée prouvent qu'avec le système à contre-vapeur on évite compl
cet échauffement. Il suffit de mélanger à la vapeur d'injection une quantit
assez considérable pour maintenir toujours cette vapeur saturée, quelle qu
quantité de chaleur transmise par le travail de compression et de refoulemen

Avec le frein à air, on n'a plus cette ressource ; aussi est-il permis de c
que l'échauffement des cylindres et tous les inconvénients, qui en sont la s
subsistent.

Quelques expériences faites sur le chemin d'Enghien à Montmorency, qui p
une pente de 45 millimètres d'inclinaison sur une longueur de 1200 mètre
déterminer directement l'élévation de température, n'ont pu rassurer compl
à ce sujet.

La température s'est élevée jusqu'à 130° dans le réservoir à air, jusqu'à
point d'intersertion du tuyau du réservoir sur le tuyau d'admission de vap
jusqu'à 210° et même 220° dans la boîte à tiroir. Dans ces limites, elle n'a
résultat fâcheux ; aussi l'application du frein de Bergue, dans ce cas, a-t-elle
des résultats très-satisfaisants.

Mais la rampe de Montmorency est courte, la descente s'effectue en 3 m
Si on était obligé de faire un usage plus prolongé du frein, comme sur les ch
longue pente, n'y a-t-il pas lieu de redouter que la température ne s'élè
pour devenir nuisible ?

Il est évident que le frein de Bergue peut encore être employé avec a
pour les arrêts dans les stations.

Comme frein de sauvetage, il rendrait encore des services. Toutefois il f

que, dans ce dernier cas, il est un peu long à manœuvrer. Rappelons que pour produire l'arrêt, il faut :

1° Fermer le régulateur de la chaudière;

2° Ouvrir (ce qui se fait simultanément) la prise d'air et le tiroir du réservoir;

3° Renverser la marche;

4° Fermer le robinet de dégagement.

Il suffit d'énoncer la suite de ces opérations pour montrer quelle perte de temps elles entraînent.

On peut reprocher quelques autres défauts au système de frein à air comprimé.

Il est assez compliqué : la série de renvois de mouvement qu'il nécessite en rend la construction et l'entretien plus difficiles et plus coûteux que ceux du système à contre-vapeur, et le service moins assuré. En dehors des droits de brevet, il exige une dépense de 800 à 900 fr., tandis qu'en comptant largement, 200 fr. suffisent pour l'installation du frein Le Chatelier.

Enfin, le réservoir, sans être considérable, et le tuyau d'arrivée de l'air peuvent être difficiles à installer sur certaines machines.

A la suite de la lecture de cette note, M. Ribail déclare que l'application du frein de Bergue sur la pente de Saint-Germain au Pecq, donne de bons résultats.

M. le Président remercie M. de Fonbonne de sa communication et annonce que la Société s'occupe de rassembler les renseignements les plus complets possible sur les freins à contre-vapeur dont l'emploi devient de plus en plus étendu.

M. le Président commence les entretiens sur l'Exposition universelle en exposant lui-même quelques considérations générales, et en indiquant les points qui l'ont le plus frappé.

L'Exposition universelle ne peut guère être envisagée d'une manière générale, au point de vue qui intéresse les ingénieurs, sans courir le risque de se laisser détourner par des côtés spéciaux, et il voudrait éviter cet inconvénient.

Plus on étudie l'Exposition, plus on reconnaît que non-seulement elle reflète vivement et complétement les progrès que l'art a accomplis dans ces dernières années et qui ont attiré notre attention, mais que de plus elle révèle dans les arts manufacturiers, dont le progrès se dérobe à la publicité, une marche ascendante qui frappe à la fois de surprise et d'admiration.

Avant de signaler les traits principaux de ce mouvement qui tiendrait du prodige s'il ne s'expliquait par l'acharnement de millions d'activités individuelles tendues vers un but unique, *produire économiquement et bien*, disons par quels côtés les dispositions prises pour l'Exposition même ont réussi et par où elles ont échoué.

L'idée première du plan a réussi, l'examen des produits par nationalités est facile partout où un cloisonnement malencontreux, heureusement rare, ne le gêne pas.

Si on se donne pour but d'examen l'industrie d'un peuple, on peut y procéder rapidement et sans fatigue. Si on veut comparer le même produit chez divers peuples, les recherches sont faciles, les distances à parcourir sont faibles.

Si on se laisse aller sans but on ne peut s'égarer, tant les nombreux rayons du labyrinthe vous permettent d'en reconnaître à chaque moment le centre et l'extérieur.

Mais il faut bien le dire, un grave échec s'est produit là où il était le moins

à craindre, et la faute en est tout entière à nous, je veux dire aux producteu
pace donné aux industries que la grande galerie devait rassembler, est b
trop faible. Les Expositions les plus importantes, celles des établissements
mier rang, tels que ceux du Creusot, de MM. Petin et Gaudet, des forges d
mentry et Chatillon, les constructeurs du matériel roulant des chemins de f
grands ateliers de la marine, des forges et chantiers de la Méditerranée, des
d'Indret, de l'Océan et bien d'autres, la plus brillante partie de l'Exposition d
gique, une partie de celle des États-Unis, de l'Angleterre, etc., tout cela
vasé, tout cela s'est isolé, s'est éloigné; tout cela est perdu pour l'ensemb
dérobe à l'effet à produire sur les masses. Il faut avoir vu ces nombreuses
rables annexes pour se rendre compte de l'aspect grandiose que leurs appareil
dans la grande galerie eût produit.

J'ai dit que la faute en était aux producteurs, et, en effet, le peu d'empre
des exposants faisait douter de l'utilité d'un aussi vaste espace que celui
couvert par la grande galerie. Les dispositions ont bien changé depuis, et
dû à une circonstance spéciale dont les conséquences n'avaient pas été enti
aperçues par tout le monde, c'est que cette exposition est la première entr
qui ait été desservie, jusque dans son centre même, par les chemins de
est la première qui ait eu un port direct sur un fleuve parfaitement naviga
moyens de transport faciles, rapides et économiques ont amené des app
dimensions colossales : le modèle de forme réduite n'a jamais donné qu'
incomplète de ce qu'il veut représenter; c'est la dimension réelle, c'est l'o
même qu'il faut montrer et qui intéresse.

Cette impression conduit à une autre. C'est l'égalité qui s'est produite, l
qui s'est établi entre toutes les grandes nations en ce qui concerne la c
tion des machines motrices. Non-seulement les appareils moteurs se divise
les plus petites fractions, en machines d'un quart, d'un demi-cheval, mais
vent à 3,600 chevaux, sans que l'outillage qui se prête à la construction des
des autres présente plus de difficultés. La machine de 3,600 chevaux d'In
ajustée non avec la même rigueur, mais avec beaucoup plus de rigueur
que la petite machine d'un cheval.

La machine-outil s'est répandue partout avec une rapidité extrême, les
les plus récents sont les mieux outillés : de là ce niveau égalitaire qui se
dans la perfection du travail partout où ces outils pénètrent. Les mêmes
qui étaient nos tributaires à cet égard, comme nous l'avons été longtem
mêmes de l'Angleterre, nous montrent aujourd'hui qu'ils ne s'en sont pas
l'imitation.

Ce qui éclate encore dans l'Exposition, comme un des signes de ce ni
la science étend sur tous les peuples que l'échange des idées rapproche,
supériorité que semble prendre chaque nation à raison des richesses nature
elle dispose sur son territoire. Le rôle de l'acier dans l'Exposition dépass
qu'on pouvait prévoir. Les minerais de l'Allemagne, de la Styrie et de la Su
duisent ce métal par les procédés qui, en Angleterre et en France, sont ce
fabrication du fer, tandis que dans ces deux derniers pays c'est par le mél
variétés dans lequel entrent des minerais étrangers et par de nombreuses éla
que l'acier s'obtient industriellement.

Il y a là un fait qui pourra se traduire par un certain avantage pour l'
dans la fabrication des machines, des outils et des armes, comme aussi de

du matériel des chemins de fer, en ce qui concerne l'emploi de plus en plus étendu de l'acier, si nous ne faisons pas de grands efforts pour relier à notre réseau de chemins de fer et à nos voies navigables les centres de richesses minérales susceptibles de produire économiquement l'acier. En attendant, ouvrons-lui largement la frontière, car nous ne pouvons nous en passer sans péril pour les plus graves intérêts de la production générale.

L'Exposition universelle démontre aussi que, s'il n'y a plus de limite en France, comme en Angleterre, dans les dimensions d'appareils que la puissance d'outillage des ateliers de construction ne puisse atteindre, les nations qui nous entourent se rapprochent à grands pas de nous sous ce rapport. Elle apprend que les chemins de fer ont répandu partout, presque à un degré égal, les habitudes de précision qu'exige la construction des machines locomotives.

En traitant spécialement, dans nos réunions successives, de l'Exposition du matériel des chemins de fer, nous aurons l'occasion de reconnaître combien la France, étreinte par le besoin impérieux d'économie dans le transport des masses et par un développement énorme du trafic sur un territoire relativement accidenté, montre de vitalité et de ressort dans la recherche des meilleures solutions; combien cela lui donne de supériorité réelle dans des applications dont l'occasion ne se produit pas ailleurs, et comment cela explique l'économie à la fois relative et absolue qu'elle apporte dans l'exploitation de son réseau.

Cependant, nous plaçant au point de vue de la construction, par la même raison que la France et l'Allemagne exportent en Angleterre, qui nous les fournissait autrefois, quelques rares machines locomotives dont nous voyons les spécimens, de même chaque nation dotée de chemins de fer arrive rapidement à construire son matériel si des obstacles spéciaux tels qu'il s'en présente en Espagne et en Italie ne s'y opposent pas.

Vous vous rappelez presque tous la richesse de l'Exposition de 1862, en bois exotiques propres à être travaillés. Celle-ci n'est pas moins belle et elle dépasse son aînée dans les applications.

Un intérêt profond s'attache à ces véhicules légers et solides qui ont servi aux transports des blessés, des munitions et des approvisionnements dans les longues marches des armées américaines, concurremment avec les chemins de fer et les fleuves. Les pages de M. Vigo Roussillon sont ici vivantes.

Ce que peut l'industrie, pour aider à armer vite et bien un grand pays, nous est indiqué par cette guerre et l'échantillon du matériel de transport qui nous est adressé est, à cet égard, plein d'intérêt. A ce point de vue, l'Exposition nous montre l'origine des grands progrès de l'artillerie à l'étranger. Elle est exclusivement industrielle; Armstrong, Whitworth et Krupp en sont les représentants actuels. En France, cet art est exclusivement réservé à l'État. L'Exposition nous y montre aussi des progrès incontestables que le concours de l'industrie, s'il était sollicité sur une grande échelle, ne tarderait pas à traduire par de gigantesques efforts.

Mais tournons nos regards d'un côté plus sympathique en nous rappelant que les mots *Exposition universelle* sont synonymes de *paix universelle*, et cherchons, au point de vue de la paix, la plus importante des significations de l'Exposition.

Si on se demande quel est en France, quel est en Angleterre, quel va être, sous peu, dans tous les pays qui nous entourent et où *produire* devient le seul moyen de richesse, ce que j'appellerai l'état social du travail, nous reconnaissons de suite que cet état est ébranlé, qu'il est incertain.

Il est ébranlé par les grèves, il est incertain par suite de la difficulté de trouver une solution propre à assurer à la production un régime normal au point de vue de la main-d'œuvre.

Nous n'avons pas à faire ici de théorie, le fait est brutal et absolu. Deux principes également faux, également destructeurs du travail : l'unité du salaire, quelle que soit la capacité de l'ouvrier, et la durée fixe du travail, quel que soit l'intérêt de l'ouvrier à la prolonger suivant ses besoins immédiats, sont la conséquence, comme ils sont le véhicule des grèves. Aussi ces deux principes sont-ils également démentis le lendemain du jour où ils ont été acceptés, et ils sont démentis par les bons ouvriers qui s'aperçoivent qu'ils ont sacrifié leur individualité et leur indépendance à une association qui brise l'avenir des meilleurs au profit des moins habiles. Aveugles qui réveillent dans une démocratie qui coule plus que jamais à pleins bords, comme l'a dit un homme d'État célèbre, les *classes* et les *catégories*, et qui ne distinguent pas que le travail est une pompe qui aspire incessamment dans le prolétariat tout ce qui est laborieux, économe et instruit, pour en faire la bourgeoisie, et qui refoule, par contre, dans le prolétariat tout ce qui, dans la bourgeoisie est ignorant, paresseux ou prodigue.

Mais quelle que soit l'erreur du principe des grèves, comme elles sont fondées sur la plus légitime des aspirations, la hausse du salaire, il faut les considérer comme un mal nécessaire, une épreuve salutaire même et qui sera d'autant plus courte que les ouvriers seront laissés plus libres de tenter les diverses combinaisons propres à élever le salaire sans élever le prix de la production.

Si je ne me trompe, la seule solution de cette grave difficulté, l'Exposition la fournit. Elle nous montre d'abord un moyen d'amélioration capitale du sort de la famille de l'ouvrier par le travail des femmes à domicile et dans la manufacture. Non seulement les femmes sont appelées à l'imprimerie, à la cordonnerie, à la chapellerie, à toutes les industries de vêtements et à cent autres professions d'atelier comme elles l'étaient, depuis longtemps, au travail des tissus de coton, de lin, de laine et de soie, mais le nombre des outils par lesquels elles peuvent exercer une industrie en restant au domicile de la famille, s'accroît très-sensiblement.

La machine à coudre toute espèce de tissus et à les façonner de mille manières, se présente à l'Exposition en première ligne, et avec une variété d'emplois prodigieux. Des métiers de tous genres n'exigeant pas plus de force motrice que la machine à coudre, s'appliquent comme elle, au travail isolé, dans un nombre considérable d'industries : il y a l'outil que peuvent employer les filles de 12 à 15 ans, les garçons du même âge, et c'est une pensée vraiment digne des plus grands éloges d'avoir profité de l'Exposition pour montrer cette voie à tous ceux qui peuvent la prendre avec fruit. On ne la leur montrera jamais assez.

Voilà donc le gain de la famille qui tend à s'accroître très-sérieusement par le travail des femmes, et il faut bien reconnaître que la plus grande partie du malaise de l'ouvrier vient de l'inoccupation des femmes. Partout où elles gagnent un salaire que leur habileté a su élever à la moitié seulement de celui de l'ouvrier, on voit l'aisance et l'ordre dans la famille. Or, déjà un grand nombre gagnent autant et davantage dans les travaux qui ne nuisent ni à leur santé ni aux habitudes de la famille.

C'est par l'introduction des machines et particulièrement de l'outil qui peut être employé à domicile que ce fait important se produit.

Son influence sur les grèves sera capitale, parce que le besoin sera moins pressant, moins immédiat, moins impérieux. La clientèle que la femme aura acquise par

son travail, pèsera dans la balance de la sécurité de l'industrie, et une industrie dans laquelle la femme aura pris une part importante, sera moins exposée au trouble d'une suspension volontaire et générale.

Un autre fait plus grave encore, plus favorable aux ouvriers et le correctif certain des grèves, l'Exposition nous le montre encore avec un degré remarquable d'évidence: c'est la transformation rapide, continue, du travail dans toutes les professions, par l'introduction d'inventions, d'améliorations ingénieuses dans les instruments, métiers et machines servant à l'outillage. L'élévation des fardeaux, le travail du fer et des métaux industriels, le travail du bois sont représentés à l'Exposition par un outillage qui exclut les manœuvres de force, et demande à l'ouvrier, à la place du *tour* de main qui exigeait un long apprentissage, une habileté dans la direction de l'outil automatique qui lui permet de produire beaucoup mieux et beaucoup plus, en même temps qu'il relève son instruction et son intérêt au travail. Cet outillage, que nous avons sous les yeux, diffère lui-même de celui que les expositions dernières nous ont présenté par un caractère facile à distinguer. Il est plus simple, plus ingénieux, plus divisé, il s'étend à un plus grand nombre d'élaborations.

Les leçons que ce travail de transformation donnent aux professions qui abusent de leur liberté pour imposer l'égalité du salaire et la durée fixe de la journée se montrent par un exemple bien significatif. La profession des charpentiers, la plus habile de toutes, sans contredit, a dans l'intervalle de quelques années élevé, par deux grèves successives, le salaire de l'heure de 45 à 60 centimes sans distinction d'aptitude, d'âge et de conduite; aussi s'est-elle arrêtée dans son développement. Elle est devenue la moins nombreuse de toutes. Ces deux grèves ont plus fait pour la substitution du fer au bois, dans la charpente des édifices et des maisons, que la supériorité même du système, parce qu'elles ont intéressé à cette substitution toutes les professions qui employaient des charpentiers.

L'Exposition nous montre les progrès considérables et récents que nos forges ont faits pour donner au fer la forme d'emploi immédiat dans la construction des maisons, des édifices, des navires, etc. Dans cette substitution rapide du fer au bois, les charpentiers qui auraient pu, en s'appliquant à mettre sur épure le fer aussi bien que le bois, s'associer à la profession des serruriers, en ont nécessairement été exclus, parce qu'ils s'y présentaient à des conditions impossibles. Il n'est pas, vous le savez, un travail industriel qui n'exige, dans une profession, des notions différentes, ou la même à un degré différent. Le nivellement du salaire, dans de pareilles conditions, est l'analogue de la loi agraire des temps anciens; il stériliserait l'industrie comme celle-ci stérilisait la terre.

C'est donc une grande et opportune leçon qui ressort de l'Exposition universelle; mais il reste un effort à faire, c'est de faire comprendre cette leçon, et, pour cela, nous n'hésitons pas à dire que si la gratuité absolue d'admission à l'Exposition n'est pas possible, l'abaissement à un prix infime est l'un des plus graves intérêts que l'importance de l'œuvre ait fait surgir. Il faut que tous ceux qui vivent de leur travail, ceux qui en vivent au jour le jour, ceux qui en manquent dans leur profession et qui cherchent l'emploi de leur intelligence et de leurs aptitudes, ceux qui veulent consacrer leurs faibles et précieuses épargnes à l'achat de l'instrument qui leur assurera une occupation, puissent aller ensemble et en famille passer des heures à l'Exposition; ce n'est pas là le seul côté utile de ce vaste échange de notions entre les diverses industries et entre les principaux producteurs, mais c'est peut-être là l'intérêt le plus immédiat et le plus opportun à satisfaire.

M. Alcan, sur l'invitation de M. le président, se propose de donner à la Société, quelques renseignements sur ce qui l'a le plus frappé dans les arts textiles, mais il est forcé de les donner sans ordre et sans méthode, n'étant pas préparé.

Au premier abord, il semble qu'il n'y ait à l'Exposition rien de nouveau. En examinant de près, on découvre une foule de progrès très-intéressants, qui se traduiront nécessairement par la diminution du prix de la façon et l'augmentation du prix de la main-d'œuvre de l'ouvrier. Le tissage automatique est devenu depuis peu presque général. Il en résulte une grande économie de temps. Pour le coton, on sait que la production pratique des meilleurs métiers n'est guère que les deux tiers de leur production théorique, parce que les fils se cassent, que les navettes s'épuisent. Il y a par là non seulement perte de temps pour remplacer les navettes, mais encore malfaçon, car les cassures de fil produisent des clairières. Il y a dans la section anglaise un métier de chétive apparence, qui fait une chose merveilleuse. Lorsqu'un fil casse, la navette qui a cassé son fil est mise de côté par le métier, sans qu'il s'arrête pour cela. Une nouvelle navette se présente et le travail continue.

Le même exposant anglais (nº 40 de la classe 55) a ingénieusement modifié la machine à parer en y appliquant le principe du *stop-motion*; lorsque l'un des milliers de fils casse, la machine s'arrête spontanément.

On emploie en ce moment pour plusieurs centaines de millions de soies exotiques, toutes excellentes de nature, mais très-mal travaillées, très-irrégulières. Il en résulte la nécessité de dévider ces soies à nouveau, ce qui exige des armées d'ouvrières, pour les trier, les classer par fils de même grosseur et à peu près réguliers. Un inventeur Suisse, M. Honnegger, a exposé (classe 55, nº 1) une machine à dévider, qui fait tout ce travail automatiquement. Si l'on veut diviser un écheveau en quatre, cinq ou six fils de grosseur différente, on peut y arriver, sans que l'ouvrier ait à y toucher. L'appareil est construit avec une précision mathématique et est en même temps très-pratique. Déjà les Américains avaient tenté quelque chose d'analogue. Mais leur machine était trop délicate.

Les machines à tricots sont excessivement nombreuses et très-perfectionnées. Quelques-unes font jusqu'à 500.000 mailles à la minute. Sur les métiers automatiques, circulaires et rectilignes, on fait non-seulement les corps du pied, mais le mollet, le bas de jambe, l'extrémité du pied. Sur un métier on fait jusqu'à douze paires de bas à la fois.

L'ouvrier gagne 12 francs par jour et au lieu de fatigue il n'a qu'une surveillance facile à exercer. La France tient la tête dans cette spécialité.

Il faut signaler un métier américain, qu'on pourrait appeler métier des ménages. Il suffit de tourner une manivelle, pour faire un bas comme on l'entend, même avec les variations de dimensions.

En France encore, il y a un petit métier qui mérite la plus grande attention. La chenille, employée aux ornements de passementerie, exigeait une main d'œuvre très-étendue et coûtait fort cher. Un industriel de Lyon prend un fil comme axe tendu fixe. Il a au-dessus une bobine qui fait des spires autour du premier fil. Un rabot automatique fend toutes ces boucles et l'on a la chenille. De là une industrie qui aujourd'hui se compte par millions.

Il faut indiquer encore la peigneuse à coton courte soie. Il y a à l'Exposition une peigneuse anglaise et une peigneuse française, qui contiennent le germe de très-grands progrès futurs.

Enfin le métier continu, qui avait été détrôné par la mull-jenny, tend à repa-

raître et à juste titre. Il y a à l'Exposition cinq métiers continus, qui ont une très-bonne tendance.

M. Burel demande à faire quelques réserves sur l'importance que M. Alcan attache au métier sans arrêt pour la substitution de la navette. Ce métier n'exercera pas sur l'abaissement du prix de la façon une influence très-considérable, car cette manœuvre n'est qu'un élément très-petit dans le coût du tissage.

M. Alcan répond qu'il a examiné le métier en question, en compagnie des gens les plus compétents. Il citera M. Curtis, l'homme qui a fait le plus progresser la construction des machines à filer; M. Marshall de Leeds, qui fait fonctionner 100.000 broches pour la filature du lin; M. Villeminot Huard, de Reims, qui a un tissage de 100 métiers pour la laine, et qui évalue que la nouvelle invention lui procurera une économie de 180.000 francs par an. Tous ces industriels lui ont paru au moins aussi enthousiastes que lui du métier nouveau. S'il s'est trompé, il s'est trompé en savante compagnie. Mais il attendra, pour le reconnaître, que M. Burel lui en fournisse la preuve. D'ailleurs tout le monde sait que la production d'un métier à tisser est en raison du nombre de coups de navettes qu'il donne dans l'unité de temps, et si désormais un mécanisme applicable à un système quelconque de tissage pouvait supprimer la perte résultant par l'arrêt et le changement de la navette, on arriverait à élever la production d'un tiers en moyenne pour chaque métier, et de 60 p. 100 pour le salaire d'un homme, si l'ouvrier en surveille deux, comme cela arrive dans la plupart des cas. L'importance du résultat est donc indiscutable, le seul point qui reste à examiner dans la pratique est de s'assurer si le métier, dans son fonctionnement continu, ne sera pas susceptible de se déranger, si le travail ne sera pas exposé à quelque défaut imprévu qui tendrait à abaisser la valeur du produit : ce n'est que sur ce point qu'il y a des réserves à faire, et que nous en avons fait nous-même à l'inventeur de cet ingénieux mécanisme.

Séance du 3 Mai 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 12 avril est lu et adopté.

M. le Président invite M. Tresca à communiquer à la Société ses impressions sur l'Exposition universelle.

M. Tresca commence par déclarer que, comme membre d'un jury, il ne pourra parler des choses qu'il a le plus étudiées, mais qu'il cherchera cependant à indiquer quelques faits caractéristiques qui ressortent pour lui de l'examen des machines. Pour suivre M. Flachat sur le terrain de la transformation qui résulte de la généralisation de l'emploi des machines, M. Tresca fait observer qu'elles tendent de plus en plus à obtenir ce résultat que l'ouvrier ne soit plus, dans la plupart des cas, qu'un conducteur intelligent, en diminuant ainsi son rôle le plus pénible au point de vue du travail de force à effectuer. Il y a un progrès considérable sur ce terrain. On trouve que

l'automaticité pure prend une part de plus en plus large dans les machines-outils de l'Angleterre et de la France. En Allemagne, on voit que, par suite de l'abondance des bras, les mêmes besoins ne se sont pas fait sentir au même degré. En Amérique, au contraire, le manque de bras a créé une production mécanique plus caractérisée encore que chez nous, et c'est évidemment l'exposition américaine qui est la plus intéressante au point de vue des machines automatiques : elle se résume dans une rapidité de production et une diminution de main-d'œuvre vraiment extraordinaires.

M. Tresca cite une machine à fabriquer les vis et les boulons (États-Unis, classe 54, n° 5), dans laquelle chaque partie est faite successivement par le même appareil, l'ouvrier n'ayant qu'à tourner pour chaque opération un plateau portant la série des outils nécessaires, et à rapprocher ce plateau de la pièce à fabriquer.

Un ingénieur français, M. Kreutzberger, a exposé, d'après l'invention américaine (France, classe 54, n° 64), une machine analogue et une série de machines qui lui sont personnelles et où la fraise exécute toutes les parties du fusil Chassepot.

Après le travail du fer, vient le travail du bois.

M. Tresca cite une machine qui fabrique uniquement des bâtons de chaises (États-Unis, classe 58, n° 4), à raison de trois par minute. On est habitué à voir le tourneur dégrossir la pièce à la gouge et à l'achever avec la plane. La machine fait de même, mais la gouge se promène automatiquement sur un guide taillé suivant le profil qu'on veut obtenir, et le travail est terminé par une plane composée d'une lame plate d'acier, dont le tranchement est incliné à 45° environ, et où l'on a creusé des canaux verticaux suivant le même profil; cette plane descend verticalement sur la pièce et la polit d'une extrémité à l'autre, au fur et à mesure de l'ébauche de chacune de ses parties. La plane est affutée quand besoin est, et le profil est conservé, grâce aux canaux verticaux dont il vient d'être parlé.

M. Tresca cite encore une série de machines (États-Unis, classe 54, sans numéro), coûtant environ 6000 francs et pouvant fabriquer 1000 tonneaux par jour. Le travail est exécuté par des scies et des rabots disposés convenablement pour couper le bois de longueur, rainer le fond, etc. Les douves sont terminées par une machine à rabots qui agissent pendant qu'une série de douves se déplacent sur de grandes courbes, dont les courbures dépendent du diamètre du tonneau et de la courbure même des douves, ces tonneaux sont fort convenables pour contenir des matières sèches.

M. Tresca décrit ensuite une machine américaine à fabriquer les clous (États-Unis, classe 54, sans numéro). Les clous américains sont découpés dans de la tôle, et le corps du clou est plus large vers la tête; leur forme est telle, qu'en les mettant deux à deux, à côté l'un de l'autre, ils représentent une bande de tôle sans perte aucune. Dix poinçons alternés, et présentant le profil de ces clous, les découpent dans la tôle, qui se déplace à chaque fois d'une longueur du clou pour que le découpage affecte successivement le profil de chacune des rives, et la machine fait 1500 clous par minute.

M. Tresca parle encore d'une machine (Angleterre, classe 47, n° 3), destinée à remplacer le mineur dans l'exploitation de la houille, et appelée *iron-man* (l'homme de fer). C'est une machine à raboter horizontale ou inclinée. La force motrice est distribuée par un réservoir d'eau chargé sous une pression de 20 atmosphères. Le piston est armé de socs de charrue, et la course est de 40 centimètres. Une presse hydraulique fixe, au moment convenable, la machine sur le toit et sur le mur, au moyen de bras fonctionnant à la demande d'une distribution appropriée. Le déplacement de la machine est automatique. Lorsqu'il se présente une résistance accidentelle, la machine travaille d'elle-même sans se déplacer, jusqu'à ce que cette résistance soit vaincue. Il

y a une douzaine de ces machines en fonctions, et si le problème n'est pas résolu complétement, la solution n'en est pas moins inattendue et intéressante.

M. Tresca voit dans cette machine une des nombreuses applications, par lesquelles se fait remarquer, depuis quelques années, l'influence prépondérante de l'appareil qui a reçu, dans l'industrie moderne, le nom d'*accumulateur* (France, classe 51, numéro 30). Cet appareil, qui permet d'emmagasiner patiemment une certaine quantité de travail pour la répartir au moment du besoin, est d'un immense intérêt, et sor usage augmentera sans doute tous les jours, au point de vue des travaux à accomplir d'une manière intermittente.

M. Tresca indique un marteau-pilon (Angleterre, classe 54, numéro 23), d'une dimension énorme, pour le forgeage de l'acier; il n'est pas en grandeur naturelle à l'Exposition, car son bâti est plus grand qu'une maison; mais M. Tresca en montre une photographie et dit que le bâti en tôle est remarquable sous le rapport de l'exécution. Cette construction en tôle est devenue nécessaire pour le forgeage des pièces en acier, qui donnent lieu à des réactions considérables.

Dans le même genre de machines, M. Tresca cite un marteau pilon horizontal, composé de deux masses de 30.000 kil., mises en mouvement horizontalement par une machine à vapeur placée sous le sol, et destiné à forger des pièces d'une dureté exceptionnelle.

Il y a encore dans l'Exposition anglaise un marteau que l'on désigne sous le nom de *frappeur mécanique* (Angleterre, classe 54, numéro 4). C'est un marteau à manche, dont le mouvement de va et vient est déterminé, dans le plan que l'on veut, par une machine à vapeur qui peut tourner dans un anneau horizontal formant bâti. Ce frappeur qui peut, au moyen d'une pression d'eau, être élevé à des niveaux différents, fait tant de travail, qu'on le place habituellement au centre de huit enclumes sur lesquelles on dirige successivement son action.

Ces premières indications, dit M. Tresca, sont seulement destinées à permettre aux membres de la Société de porter immédiatement leur attention sur quelques machines intéressantes, et à ce point de vue, le procès-verbal indiquera seulement le caractère de chacune d'elles sans entrer dans les développements oraux, que leur description a pu comporter à la séance.

M. le Président remercie M. Tresca au nom de la Société, pour son intéressante communication.

Séance du 10 Mai 1867.

Présidence de M. Love, *vice-président.*

Le procès-verbal de la séance du 3 mai est lu et adopté.

M. le Président annonce que la Société a reçu de M. Couche, ingénieur en chef des mines, professeur du cours de construction et de chemins de fer à l'École des mines, ingénieur en chef du contrôle du chemin de fer de l'Est, le premier fascicule de l'important ouvrage entrepris par cet ingénieur sur la voie, le matériel roulant et

l'exploitation technique des chemins de fer, suivi d'un appendice sur les travaux d'art.

Ce premier fascicule comprend la voie et l'ensemble du matériel fixe qui la constitue, au triple point de vue de la qualité des matériaux, de leur forme et de leur service en cours d'exploitation ;

Les voies diverses, les changements et traversées de voies y compris celles sur les ponts de bateaux et travées mobiles.

M. le Président appelle l'attention des membres de la Société sur cette publication, elle émane d'un des hommes les plus autorisés. Son programme général et la manière dont la première partie est traitée, font espérer que les progrès réalisés dans la construction des chemins de fer et du matériel seront, dans les parties suivantes, aussi heureusement interprétés que dans celle qui vient d'être publiée.

M. le Président donne la parole à M. Ch. Laurent pour la lecture de sa communication sur les applications de l'art du sondage représentées à l'Exposition universelle.

Les applications de l'art du sondeur tendent à se répandre de plus en plus, et l'exposition actuelle vient nous montrer, non pas des applications nouvelles, mais des résultats nombreux de cette industrie, depuis la simple reconnaissance des terrains pour fondations, poses de paratonnerres, assèchement de maçonnerie à l'extrados des ponts, pour la recherche d'eaux et de mines, et enfin l'application au fonçage des puits d'extraction.

On voit ainsi l'instrument le plus simple, le plus modeste et des plus petites dimensions s'agrandir jusqu'à des diamètres de 4 mètres, et rien ne fait supposer qu'on doive être arrêté là si les besoins exigeaient davantage.

Ces dimensions, en effet, ne sont limitées que par les dépenses, par la force nécessaire pour mettre en action des pièces plus pesantes, et enfin par les moyens de construction desdites pièces.

L'argent pour certain but ne fait jamais défaut; les moyens mécaniques sont devenus tels que le sondeur peut leur emprunter une puissance illimitée, et l'exposition métallurgique nous prouve que les forges peuvent livrer aujourd'hui, en fer et en acier, les masses propres à construire les trépans les plus lourds et les plus solides.

Les applications déjà si variées s'étendront encore; les fondations des piles de ponts dans des rivières larges et profondes, et d'un fond douteux, et même dans des bras de mer, deviendront certainement possibles; le desséchement du sol et des marais, tenté jusqu'ici sur une petite échelle, pourra se réaliser en employant les moyens que le sondeur a, dès à présent, à sa disposition.

La recherche des eaux jaillissantes se généralise et ici apparaissent, dans toute leur utilité, les cartes et les coupes géologiques.

Les études géologiques forment, en réalité, aujourd'hui, la base de l'art du sondage. Il leur doit son développement actuel et ses progrès futurs en dépendent.

La géologie fait connaître la structure de l'écorce du globe, indique, en partie au moins, les causes qui peuvent faire espérer un succès certain et celles qui peuvent amoindrir cette certitude ou même l'annuler.

Elle indique assez sûrement les différents terrains ramenés par la sonde et que le sondeur s'est efforcé d'obtenir non plus seulement à l'état de boue comme autrefois, mais détachés en colonnes et remontés avec les soins nécessaires pour vérifier non-seulement leur nature, leurs fossiles, mais jusqu'à leur allure de stratification. Le sondeur peut à chaque instant de son travail reconnaître approximativement le point atteint, et ce qui lui reste à faire pour toucher le but proposé.

L'Exposition prouve que les sondeurs s'appliquent de plus en plus à obtenir cou-

ramment ces témoins importants pour la science, autant que pour la conduite de leurs opérations.

Les différents États de l'Europe ont voulu représenter à l'Exposition la constitution du sol par des coupes géologiques et des modèles.

La Prusse peut être citée en première ligne.

La France et la Belgique ont fait de grands progrès dans ce sens. L'État, les grandes compagnies exposent de magnifiques cartes géologiques et d'ingénieux plans en relief. Si l'on fait observer qu'une contrée seule pourrait fournir plus de cent cinquante coupes géologiques, on comprend qu'une bien faible partie de ces résultats puisse figurer à l'Exposition.

On s'est généralement borné à exposer les coupes les plus importantes, soit au point de vue d'une application spéciale, soit à cause des développements des travaux, soit pour des motifs d'actualité.

Presque tous les sondeurs conservent la coupe des travaux qu'ils ont exécutés; la réunion de ces documents formera pour l'avenir un précieux recueil. M. Laurent a entrepris ce travail et le complétera par tous les moyens dont il peut disposer.

M. Laurent a cherché, mais n'a pu encore découvrir si l'exposition chinoise présentera enfin des détails sur ces fameux forages signalés dans des relations déjà anciennes.

Il y aurait, pour les sondeurs, un grand intérêt à ce que cette question pût être éclaircie : on leur a si souvent reproché de s'adonner à des procédés coûteux, irrationnels, qu'il serait bon de pouvoir juger de la réalité de ces assertions, de savoir les raisons qui s'opposent jusqu'ici à la réussite des procédés chinois.

M. Laurent a remarqué dans l'exposition italienne d'assez nombreuses coupes de puits forés pour les recherches d'eau, de gaz et de charbon dans les environs de Florence.

Ces coupes géologiques annoncent, dans ce pays, le développement d'un art qui lui était presque inconnu ou plutôt rarement appliqué, il y a quelques années, bien que la ville de Modène revendique de très-anciennes applications de la sonde, et qu'elle porte dans ses armoiries la tarière du sondeur.

Une stèle trouvée dans les ruines d'une station égyptienne sur la rive orientale du Nil donne la description d'un puits foré en l'an 1536 avant Jésus-Christ.

Le nom de puits *artésien* paraît donc impropre à désigner les puits jaillissants, et il faudrait chercher si l'on doit attribuer à l'Égypte ou à la Chine le mérite de cette invention.

Il est une question qui prend des proportions assez graves avec les grands diamètres, c'est celle des tubages.

Lorsqu'il s'agit d'un puits de mine, le cuvelage doit présenter une solidité à toute épreuve.

Cette solidité vient même faciliter la pose, parce que le tube peut être fermé par le bas, et flotter ainsi pour être ensuite ouvert lorsque le tubage reposera sur la couche résistante, et que le joint sera fait par l'interposition de l'ingénieuse boîte à mousse ou de tout autre système dérivant de ceux employés dans le forage des puits artésiens.

Lorsqu'il s'agit de recherches d'eau, le tube doit seulement soutenir les terrains éboulants, et, pour ménager le diamètre il faut encore s'arranger pour qu'il ne présente aucune saillie ni à l'intérieur, ni à l'extérieur.

Le tube n'ayant à résister qu'à la poussée des terrains, déduction faite de la pression intérieure exercée par l'eau qui remplit le tube, on peut le faire en tôle.

Le volume du tube étant faible par rapport à son poids, on est obligé de le maintenir par de forts moyens de suspension et en s'aidant de la fermeture supérieure avec joint en caoutchouc, pour transformer ainsi le tube en une cloche.

C'est ce moyen qui est employé dans l'un des puits de la ville de Paris. Dans cet exemple, le diamètre est de 1m,80, et le tubage pèse 950 kilogrammes par mètre.

Une autre difficulté se présente encore pour ouvrir le tube sans l'intervention de la main de l'homme, c'est la sonde même qui doit effectuer cette opération.

Les grands diamètres paraissent être employés à l'exclusion des autres dans tous les forages de puits artésiens exécutés pour la ville de Paris, M. Belgrand est d'avis qu'il faut ainsi éviter l'encombrement à la base des forages en diminuant autant que possible la vitesse de l'eau, tandis que jusqu'à présent on pensait que la vitesse de l'eau devait être assez grande pour entraîner toutes les parties tenues en suspension qui peuvent s'accumuler à la base.

M. Laurent cite les nombreuses tentatives faites par les sondeurs pour obtenir la chute libre de l'outil, sans faire participer la tige à cette chute.

Dans le fonçage du puits de l'Hôpital (Moselle), la chute libre n'est pas produite; on s'est servi de l'ancienne coulisse d'Œynhausen pour pouvoir équilibrer la partie supérieure de la sonde.

Des divers moyens proposés récemment, les uns profitent de la résistance de l'eau sur un disque piston, d'autres de la vitesse acquise et brusquemment interrompue au moment du choc, les autres emploient une tige additionnelle reposant sur le fond et portant à la partie supérieure une bague servant à faire ouvrir les crochets.

Enfin, d'autres constructeurs cherchent à fixer l'obstacle décrocheur au moyen de chaînes descendant jusqu'au point voulu.

A côté de l'Exposition des établissements les plus connus, on voit dans la section française deux exposants nouveaux.

L'un propose un système de déclic par un mouvement brusque de torsion imprimé à la tête de la sonde. Le modèle exposé ne rend pas bien compte de l'efficacité complète de l'appareil pour le cas où l'on devrait opérer le déclanchement à une grande profondeur, mais l'application en grand n'a pas été faite.

Ce moyen a d'ailleurs été déjà employé pour des forages de petits diamètres préférablement aux coulisses dont la construction, pour être solide, exige des pièces d'une certaine dimension.

L'autre exposant, qui paraît ignorer les procédés employés, expose trois outils différents :

Le premier consiste en un trépan, dont le déclic est mis en mouvement par un obstacle suspendu à deux chaînes agissant de l'extérieur.

Le deuxième outil est compliqué et consiste en deux écopes destinées à ramasser les détritus, mais cet outil ne peut pas être comparé aux soupapes ordinaires.

Enfin, il expose un outil pour agrandir les trous de sonde, si cela devient nécessaire.

Cet outil se compose d'un galet pouvant glisser dans une mortaise inclinée à 45°, par rapport à l'axe de la tige, de telle sorte que l'outil frappant sur le fond le galet fait saillie sur le diamètre du forage et pique la paroi.

Quelques sondeurs ne paraissent pas se préoccuper des moyens mécaniques, opérant les déclanchements pour supprimer les chocs violents, bruyants et détériorant les outils.

En dehors de l'Exposition française, on ne trouve pas d'instruments de forage, à

peine quelques trépans ordinaires exposés, plutôt comme application de types d'aciers que comme outils.

Rien n'est plus difficile que l'appréciation d'une exposition de procédés de sondage.

En dehors des coupes géologiques et de la perfection plus ou moins grande apportée dans les fabrications des outils exposés, on ne peut juger un sondeur qu'en visitant ses ateliers, en consultant ses clients, en faisant une enquête minutieuse sur les moyens et les dépenses qu'a nécessités tel ou tel résultat obtenu.

Un sondage passe quelquefois pour un triomphe lorsque le résultat est important, quel que soit d'ailleurs le nombre des fautes commises et les dépenses énormes en temps et en argent.

Quant à considérer les difficultés que les praticiens les plus exercés rencontreraient s'ils voulaient porter un jugement sain sur une industrie aussi restreinte, on se demande comment peuvent faire des hommes, il est vrai, les plus distingués et les meilleurs juges, pour arriver aussi rapidement au verdict qui leur a été demandé.

Il nous semble que la considération du jury n'aurait rien à perdre s'il lui était permis d'attendre que les appréciations du public, ses témoignages inattendus, ses investigations multipliées lui vinssent en aide.

De même que les exposants, on paraît le presser, le pousser, on lui assigne presque une date précise sans se préoccuper des impossibilités.

Ce n'est pour les uns comme pour les autres qu'une précipitation qui ne doit pas laisser, selon nous, d'être préjudiciable à la bonne harmonie des opérations.

M. Yvan Flachat demande si l'on a employé des sondes en acier pour diminuer le poids mort de l'appareil. Il y verrait l'avantage d'empêcher les ruptures qui se produisent encore trop fréquemment.

M. Laurent répond qu'il a employé l'acier pour la fabrication des outils, mais qu'en ce qui concerne les tiges, la difficulté que l'on rencontre déjà pour souder les deux espèces de fer constituant la tige et les emmanchements augmenterait encore considérablement si l'on employait des tiges en acier, qu'il faudrait souder à des emmanchements en fer.

M. Laurent ajoute que l'on est obligé quelquefois d'exercer sur les tiges des efforts de torsion considérables, et que les ruptures sont surtout à craindre dans ce cas.

M. le Président remercie M. Laurent de son intéressante communication et lui demande s'il n'a pas de renseignement complémentaire à donner sur le fonçage du puits de l'Hôpital.

M. Laurent ajoute que le succès de ce beau travail repose principalement sur l'emploi de la boîte à mousse, dont on se rendra mieux compte sur place, en visitant la coupe et les outils qui sont à l'Exposition.

M. le Président prie M. Maldant de vouloir bien faire connaître à la Société quelques machines intéressantes parmi celles qui figurent à l'Exposition.

M. Maldant rappelle qu'à la dernière séance, M. Tresca, résumant d'une manière générale ses impressions sur les diverses machines-outils qui figurent à l'Exposition, arrivait à cette conclusion : que l'*automaticité* faisait des progrès de plus en plus marqués dans la construction des machines-outils, et que l'automaticité était

d'autant plus grande dans les machines d'un pays que la main-d'œuvre y était plus *chère*, et *vice-versâ*.

D'après ce principe, M. Tresca a admis que les machines-outils exposées par les États-Unis étaient, de toutes, celles qui lui semblaient le plus ingénieusement et le plus complétement automatiques.

M. Maldant, tout en s'inclinant devant l'autorité d'un juge aussi compétent que M. Tresca, doit dire que l'examen qu'il a fait, de son côté, d'une partie des machines-outils de l'Exposition, ne lui permet pas d'accepter sans réserve l'opinion émise par M. Tresca, au sujet de la supériorité des États-Unis.

Les machines que M. Maldant a trouvées les plus ingénieuses et les plus automatiques sont dans la *section française*; et il regrette de n'avoir ni le temps, ni tous les éléments nécessaires pour entretenir la Société des diverses machines qu'il a remarquées. Ainsi, il y en a une qui lui semble ne redouter *aucune comparaison* au point de vue de la perfection du travail et de la complète automaticité.

Il cite dans la classe 54, n° 49, près l'exposition de M. Ducommun, la machine à fabriquer les charnières de MM. Évrard et Boyer; il a été émerveillé de la perfection et de la rapidité du travail de cette machine.

Cette machine est entièrement automatique : elle prend le métal brut découpé en bandes et le rend en charnières complétement terminées.

Chacun sait que la fabrication des charnières, par les procédés ordinaires, est assez compliquée :

Il faut commencer par couper de longueur les deux bandes de tôle ou de cuivre qui formeront les deux volets de la charnière; puis il faut découper dans ces bandes, en sens inverse, les trous carrés qui recevront les nœuds pleins de la partie correspondante.

Cette première opération faite, les deux bandes sont ployées exactement par leur milieu; et on commence à les assembler en faisant pénétrer les nœuds dans les vides, puis en réunissant les divers nœuds au moyen d'une broche centrale en fil de fer, qu'on coupe de longueur. Ensuite on emboutit la charnière soit par une pression mécanique, soit à l'étau, pour lui donner sa forme définitive.

Enfin, on perce à la mèche et on fraise les trous qui doivent recevoir les vis.

Ce sont *toutes ces opérations* qui sont faites automatiquement par la machine de MM. Évrard et Boyer.

Elle fonctionne avec une telle rapidité, que les charnières finies tombent de la machine à raison de 100 à 120 par minute, pour les charnières de cuivre ordinaires.

M. Maldant, pour montrer que le travail de cette machine est aussi parfait que rapide, dépose sur le bureau des charnières fabriquées mécaniquement et présentant surtout sur les charnières ordinaires l'avantage d'être mathématiquement semblables, et d'avoir des fraisures absolument identiques.

M. Maldant trace sur le tableau un croquis sommaire, pour aider à l'intelligence des différents organes de la machine.

Tout le mouvement est pris sur un arbre horizontal unique, commandé par une courroie. Des *ameneurs* saisissent les bandes de métal continues enroulées sur deux grandes bobines, ainsi que le fil de fer en rouleau qui doit former les broches des charnières.

M. Maldant décrit la disposition ingénieuse de ces trois ameneurs qui ont une

course mathématique et pourtant *variable* à volonté, selon la longueur des charnières qu'on veut produire.

Aussitôt que les ameneurs ont fait leur course, le fil et les deux bandes sont coupés, et les bandes sont en même temps découpées par des poinçons, qui débouchent les parties centrales et les trous des vis; ces poinçons sont mus par deux leviers horizontaux, commandés par les manchons, calés sur l'arbre moteur.

Pour faciliter la fraisure qui aura lieu ensuite, les trous des vis sont poinçonnés inégalement, c'est-à-dire que celui qui est dans la partie de tôle qui recevra la tête de la vis est percé plus grand, afin que la fraise, dont le travail curieux est pour ainsi dire instantané, n'ait à peu près qu'à enlever les arêtes.

Dès que les bandes sont coupées et poinçonnées, elles sont repoussées par d'autres qui viennent prendre leur place, et arrivent en face des ployeurs, qui plient les deux plaques et les assemblent.

Ces outils sont commandés, comme les premiers, par des leviers horizontaux.

Aussitôt après les ployeurs se retirent, la broche se place, puis l'emboutisseur vient exercer sa pression pour donner à la charnière sa forme définitive et rogner la broche.

Pendant que la pression de l'emboutisseur existe sur la charnière, le mécanisme particulier des *fraises*, qui tourne toujours, agit dessous et complète l'opération.

L'emboutisseur et le mécanisme des fraises sont mus par deux leviers commandés par des excentriques; enfin, aussitôt que l'emboutisseur et les fraises se retirent, deux repousseurs chassent vivement la charnière finie hors de la machine.

L'ensemble de ces opérations se fait dans la machine de MM. Évrard et Boyer avec une entière perfection en une demi-seconde environ.

M. Maldant termine en engageant les membres de la Société à s'assurer par eux-mêmes du travail vraiment admirable produit par cette machine.

M. Maldant, répondant à différentes observations, dit que le fraisage s'exécute pendant que le balancier agit pour emboîter la charnière.

Les six forets sont de grande longueur et sont montés sur une petite plaque par groupes de trois.

Chaque foret passe dans un guide que l'on peut déplacer, c'est ce guide qui force le foret à s'incliner plus ou moins pour former les trous à une distance variable, les porte-forets conservent la même disposition.

Le bruit que fait la machine n'est pas comparable à celui que fait une machine à fabriquer les clous.

La force employée est d'environ un cheval.

M. Maldant ajoute que dans la fabrication ordinaire les charnières se font entièrement à la main, en un certain nombre d'opérations distinctes, et que le temps employé est considérable comparé à celui nécessité par la nouvelle machine.

M. le Président remercie M. Maldant de son intéressante communication.

MM. Bontemps, Dufrené, Fouquet, Grall, Kremer, Marco-Martinez, Prouteaux, Reynaud, Simon, Tronchon et Vidard ont été reçus membres sociétaires, et M. Robin (Théodore), membre associé.

Séance du 17 Mai 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 10 mai est lu et adopté.

M. le Président informe la Société que MM. Bellier et Rancès ont fait à Bordeaux, sous le patronage de la Compagnie des chemins de fer du Midi, des conférences dont le compte rendu sera déposé dans les archives de la Société.

M. le Président donne la parole à M. Nordling pour faire part de ses impressions de voyage sur *la ligne du Brenner*.

M. Nordling répond que c'est, en effet, tout ce qu'il peut offrir à la Société, et qu'il n'y aurait pas songé, sans la bienveillante instigation de M. le Président.

Il met sous les yeux de la Société une carte de l'Europe centrale, faisant voir comment la ligne du Brenner se détache de la grande ligne de Paris à Vienne, un peu au delà de Munich, à Rosenheim, et retombe à Vérone sur l'autre grande artère transversale de Turin à Venise. Les deux tronçons extrêmes de Rosenheim à Innsbruck, de 107 kilomètres, et de Vérone à Botzen, de 148 kilomètres, sont exploités depuis longtemps. C'est la lacune intermédiaire de 124 kilomètres qui s'appelle spécialement la *ligne du Brenner*.

A l'aide d'un profil en long et d'une carte topographique[1], M. Nordling entre dans la description du tracé qu'il a visité à la fin du mois dernier. Le tracé se détache de la gare d'Innsbruck, à la cote 579 mètres, et atteint le col du Brenner à celle de 1.367 mètres, au kilomètre 36, avec une rampe maxima de 0.025 et des rayons minimum de 285 mètres. Dans la première moitié de ce parcours, le tracé s'élève jusqu'à 100 mètres en contre-haut du thalweg, sur les flancs inclinés de la Sill, formés de micaschistes, de serpentines et d'épaisses couches de diluvium alpin. A Matray, il rejoint le fond de la vallée, mais bientôt la pente devient trop forte et la voie de fer ne peut la racheter qu'au moyen d'un lacet de 3 kilomètres et demi effectué dans une vallée latérale.

Le col proprement dit est franchi au moyen d'une tranchée insignifiante, en évitant les endroits exposés aux avalanches.

La descente, sur le versant méridional, s'effectue avec une pente de 0.0225; mais, comme celle de la rivière d'Eisak, qu'on longe désormais, est infiniment supérieure, on se retrouve, dès le kilomètre 44, à 200 mètres environ en contre-haut du thalweg et on aperçoit à ses pieds la station de Gossensass qu'on n'atteint qu'après un détour de 8 kilomètres, réalisé au moyen d'un second lacet établi sur un seul et même revers, le flanc escarpé et mouvant de la vallée latérale de Pflersch. A Sterzing, la vallée de l'Eisak s'élargit et devient marécageuse, mais, un peu plus loin, on retombe dans un défilé étroit et profond, bordé de murailles granitiques, avec les sujétions accessoires résultant du passage sous le canon de la forteresse dite Franzensveste. Ce n'est qu'à Brixen, kilomètre 86, au pied des déclivités de 0.0225, que

1. Brennerbahn, Vienne, chez Artaria.

cessera le service des machines spéciales. A partir de cette ville, située à la cote 568 mètres, on ne quitte plus l'Eisak ni en plan ni en profil; on lui dispute, au contraire, la place ainsi qu'à la route, car on se retrouve dans un dernier défilé, qui est ouvert dans les roches porphyroïdes de la plus grande dureté, et qui débouche enfin à Botzen, à l'altitude de 262 mètres.

En raison de la faible élévation du col, inférieur de 700 mètres à la plupart des passages alpestres, la route du Brenner a été de tout temps une route stratégique et commerciale de premier ordre. M. Nordling s'attendait donc à y trouver une route moderne en parfait état, mais sa déception a été complète. La route est sinueuse, et en beaucoup d'endroits elle a à peine 3 mètres de largeur. Il n'aurait jamais cru qu'on pût y faire passer des malles-postes, des omnibus, des chariots attelés de 10 et de 12 chevaux qui, pourtant, y circulent jour et nuit, en foule et sans encombre. Il pense que si quelques-uns de nos agents-voyers étaient témoins de ce phénomène, ils deviendraient moins exigeants pour la largeur et les rayons de la plupart des chemins vicinaux et de défruitement. A cette occasion, M. Nordling ne peut s'empêcher de faire la réflexion que les rues de Paris se coupent bien sous des angles, et qu'introduire la théorie des rayons de courbure dans le tracé des chemins de terre, c'est oublier que les hommes et les chevaux se meuvent d'après d'autres lois que les véhicules des chemins de fer; que quiconque doute que les routes peuvent pécher par des rayons excessifs aussi bien que par des tournants trop brusques devrait aller voir la rectification de la route de Metz à Château-Salins, à la rencontre de la ligne de Saarbruck, qu'il a exécutée lui-même, il y a vingt ans, avec une courbe et contre-courbe de 50 mètres de rayon, rectification si choquante, qu'il a fini par la border d'épaisses plantations, pour en soustraire les méandres aux yeux des passants.

M. Nordling passe ensuite à l'examen des différents ouvrages exécutés au Brenner.

En fait de terrassements, on est frappé tout d'abord de la hauteur exceptionnelle des talus qui, tant en déblai qu'en remblai, atteint parfois 50 ou 60 mètres. Un grand soin est apporté aux ensemencements destinés à prévenir les ravinements. Les talus en déblai, inclinés à plus de $1\frac{1}{2}:1$, sont couverts d'un réseau de clayonnages disposés en losanges. Les cases ainsi formées sont remplies de terre végétale que les entrepreneurs montent au besoin dans des caisses en tôle qu'ils manœuvrent avec des treuils et des cordes, ainsi que leurs clapets. Pour éviter les rechargements ultérieurs des talus, par suite de leur tassement, la plate-forme est élargie du quinzième de la hauteur du remblai. Plusieurs tranchées ont été exploitées à la « *méthode anglaise*, » consistant à ouvrir tout d'abord au niveau de la plate-forme définitive une galerie souterraine dans laquelle on fait entrer les wagons pour les charger directement à l'aide de cheminées verticales. L'économie de ce système est surtout vantée pour les terrains graveleux.

M. Nordling a pu admirer encore un pont provisoire établi pour une chambre d'emprunt, au travers du ravin de la Sill, sur une hauteur de 60 mètres environ, en petits bois en grume, sans aucun assemblage, à l'aide de simples crampons.

Des estacades analogues ont souvent été construites dans l'étendue des remblais pour hâter et faciliter le déchargement des wagons. Ne coûtant, à ce qu'il paraît, que de trois à cinq francs le mètre carré d'élévation, ces étonnants viaducs étaient abandonnés dans les remblais.

Comme un autre exemple de l'ingénieuse industrie des entrepreneurs de ce pays,

on peut citer l'installation des sonnettes mues par des roues hydrauliques improvisées pour la fondation d'un pont.

Quand des remblais doivent être assis sur un sol dont l'inclinaison dépasse celle de $1\frac{1}{2} : 1$, le remblai « tout-venant » est remplacé par des enrochements (steinsatz) qui tiennent sous le talus de 1 : 1. Le triage nécessaire et l'arrangement à la main sont estimés à 1 fr. 50 c. par mètre cube. M. Nordling a été conduit, dans le Cantal, à ce même système de construction qu'il assied sur une série de petites arches ogivales, toutes les fois que le rocher sur lequel il faut s'appuyer doit être cherché à travers une épaisse couche de détritus.

Quand l'inclinaison du sol est encore plus forte, on a employé des murs de soutènement en pierres sèches inclinées à 2 : 3.

Enfin, sur les revers tout à fait escarpés, on a eu recours aux murs de soutènement hourdés, au fruit de 1/6. Toutes ces maçonneries sont exécutées avec des pierres de dimensions cyclopéennes, que les maçons vénitiens remuent avec une adresse remarquable et qu'ils emploient sans la moindre taille, en laissant en saillie d'énormes bossages, et en évitant ainsi les joints démaigris que présentent trop souvent nos parements « en mosaïque » unis. Pour les enrochements et murs à pierre sèche, le fort calibre est certainement une condition de stabilité, mais il est permis de se demander si, avec l'emploi du mortier, il n'en résulte pas une sujétion inutile? La traversée du Cantal comporte aussi un certain nombre de murs de soutènement, mais comme cette ligne est à une seule voie, on trouve de l'économie à les remplacer par des viaducs formés d'arches surbaissées de 10 mètres d'ouverture, toutes les fois que la hauteur atteint 10 ou 12 mètres.

Les tunnels sont en très-grand nombre. Ils ont été exécutés par le *système anglais*, consistant à ouvrir la galerie au fond de la plate-forme, de s'élever ensuite par des cheminées, et de ne commencer le revêtement en maçonnerie qu'après le déblaiement complet de la section. C'est le système suivi au mont Cenis, sur lequel le système généralement suivi en France, et consistant à voûter la calotte avant l'enlèvement du strauss, doit avoir l'avantage de l'économie, et de la sécurité par-dessus le marché, quand on se trouve dans des terrains mouvants, surtout avec des tunnels à deux voies. Au Brenner, plusieurs tunnels placés dans des revers inclinés, ont été gravement déformés, le contrefort extérieur ayant cédé à la poussée de la montagne. On a pris le parti courageux de remplacer le contre-fort naturel par un piédroit en maçonnerie de 6 à 7 mètres d'épaisseur, et descendant d'autant en contre-bas de la plate-forme pour aller chercher le rocher solide. Telle est du reste la mobilité du sol et peut-être la prédilection des ingénieurs pour les travaux souterrains, qu'ils ont exécuté souterrainement la plupart des têtes de tunnels et nombre de murs de revêtement dans des tranchées dangereuses.

Le système des tunnels a été étendu à un certain nombre de cours d'eau, soit pour éviter des ponts inférieurs, soit pour effectuer des dérivations latérales. Le premier cas se voit entre autres, à Matray, pour la Sill, dont le tunnel de 9m.60 de débouché a dû être complétement revêtu; un exemple très-heureux du deuxième cas se voit en aval de Gossensass, où le chemin de fer a complétement envahi l'ancien lit de l'Eisak. Évidemment cette solution n'est économique qu'autant qu'on est sûr du rocher, car s'il faut le revêtir, autant voûter l'ancien lit, à moins que la charge du remblai ne soit très-considérable. C'est le parti qu'on a pris dans le Cantal pour une portion du ruisseau du Viaguin.

Pour se procurer au fond des vallées la largeur qui leur faisait défaut, les ingénieurs du Brenner ont eu recours encore à une autre combinaison : ils ont relevé par des barrages le niveau naturel du thalweg, gagnant ainsi la largeur des talus économisés. Deux barrages de ce genre, en charpente et pierre sèche, ont été exécutés sur la Sill, le premier avec 15 mètres de largeur et 6 mètres de chute en forme de double « talon » ; l'autre, avec 10m.50 de largeur et 7m.50 de chute en forme de simple talon. Dans le lit de l'Eisak, dont la pente atteint 0.10 et même 0.20 dans sa partie supérieure, des travaux de défense très-intéressants ont également été exécutés. Mais le passage le plus curieux est dans la partie basse de ce torrent, à 15 kil. de Botzen. Là aussi, le chemin de fer empiète sur la rivière au moyen d'enrochements pesant au moins 500 kilog. par morceau. Cependant le chemin de fer a été emporté l'an dernier par une crue qui n'a pas atteint le maximum. Pour le rétablir, on a pris le parti d'enchaîner des blocs d'enrochement entre eux par de fortes chaînes, scellées au plomb, de façon à former d'immenses chapelets, et de réunir en outre par des crampons, également scellés au plomb, les blocs échoués pour compléter la ligne de défense. Si ce second essai ne réussissait pas, il faudrait renoncer à combattre les torrents par des enrochements pris dans la nature.

Le passage des cônes de déjection a créé également des difficultés spéciales. La route les traverse simplement à niveau ; en été, quand le torrent donne, on l'encaisse promptement avec des barrages à poutrelles, en interceptant la circulation ; en hiver, le petit filet d'eau coule dans une rigole en planches, enfouie dans la chaussée. Pour le chemin de fer, il fallait une solution plus savante : on a (sur quatre points) construit des ponts-aqueducs passant par-dessus la voie. Le plus grand, situé près de Mittewald, a 14 mètres de plafond et des bajoyers de 3 mètres d'épaisseur sur 3m.50 de hauteur. M. Nordling le trouve d'un aspect rassurant, mais non excessif, car il a vu l'an dernier un bloc cubant 12 mètres cubes emporté par un torrent du Cantal, qui n'est pourtant qu'une miniature des Alpes.

Des viaducs proprement dits n'ont pas été nécessaires. Des arches en maçonnerie de 25 à 30 mètres, et quelques tabliers métalliques en une ou plusieurs travées complètent la collection des ouvrages d'art du Brenner.

En ce qui touche les défenses contre la neige et contre la chute des pierres, les travaux qui avaient été projetés et que M. Nordling a fait connaître dans sa note relative à ce sujet n'ont point été exécutés. Les tunnels spéciaux notamment ont été jugés inutiles sur le petit nombre de points où il en avait été question. Il paraît que le tracé a su heureusement échapper aux avalanches. M. Nordling en a vu plusieurs qui gisaient, en effet, d'une façon inoffensive, sous les ponts inférieurs du chemin de fer. Tout ce qu'on a fait jusqu'ici contre la neige consiste en l'élargissement de certains fossés et tranchées.

Les travaux du Brenner, commencés en 1864, touchent aujourd'hui à leur fin. La pose de la voie est commencée sur plusieurs points, et le personnel compte fermement que l'ouverture pourra avoir lieu dans le courant du mois d'août prochain. Il paraît convaincu également que le montant de l'estimation primitive ne sera pas dépassé. Ce serait 30 millions de florins ou 75 millions de francs, soit 600.000 fr. par kilomètre.

En considérant ce chiffre et la facilité relative qu'offrait le col du Brenner, on se demande quel pourra être l'avenir réservé aux autres passages alpestres qui ont été l'objet de projets de tracé, tels que le Simplon, le Saint-Gothard, le Lukmanier? M. Nordling fait observer que la ligne du Brenner complète d'ores et déjà un chemin

de fer en droite ligne de Berlin à Florence, et il a entendu parler de la possibilité d'une jonction directe entre Kempten et Innsbruck. Si ce projet (selon les apparences passablement difficile) venait à se réaliser, une communication directe se trouverait établie entre Innsbruck et Strasbourg par la vallée de la Kinzig, et entre Innsbruck et Mulhouse par le lac de Constance. En ce cas, la plus grande partie de l'Allemagne se trouverait singulièrement désintéressée dans la question du Saint-Gothard et à plus forte raison des autres passages alpestres.

M. le Président demande quels sont les ingénieurs chargés des travaux du Brenner, et s'il n'est pas à supposer, en présence des progrès de l'art, qu'ils modifieraient leur tracé s'il était à recommencer.

M. Nordling répond que le tracé du Brenner a été exécuté, et que les travaux ont été commencés par M. Etzel, mort il y a deux ans, en qualité de directeur des travaux du réseau sud-autrichien et bien connu par ses travaux antérieurs en Wurtemberg, au Central-Suisse, sur la ligne de Saint-Gall, etc.; que son œuvre est continuée par ses anciens aides de camp, notamment MM. Pressel et Thommen.

Touchant la seconde question, M. Nordling pense que la réponse dépend beaucoup du point de vue individuel de chacun, mais il est convaincu, d'après ses conversations avec M. Etzel lui-même, que celui-ci n'aurait rien changé à son projet. Il convient de se rappeler, en effet, que la même Compagnie exploitait déjà depuis longtemps la ligne du Semmering avec ses déclivités de 0.025, et qu'en adoptant cette même limite pour le versant nord du Brenner, et celle de 0.0225 pour le versant sud, elle s'est évidemment inspirée de considérations de trafic, bien plus que des difficultés techniques de la traction. Sans cela il lui eût été facile d'éviter ou au moins de réduire notablement le grand lacet de 8 kil., puisqu'il suffisait de reproduire sur le versant méridional la déclivité plus forte du versant opposé.

M. le Président remercie M. Nordling de son intéressante communication.

M. le Président donne la parole à M. Morandière, qui a bien voulu se charger d'analyser la note que M. Desgrange a envoyée à la Société, comme il le fait depuis cinq ans, sur les résultats de l'exploitation du Semmering.

En comparant les résultats obtenus dans l'année 1866 avec ceux indiqués dans les rapports précédents de M. Desgrange, on verra les progrès incessants faits dans l'exploitation du Semmering [1].

M. le Président donne la parole à M. Asselin, pour faire une communication sur la *comparaison des différentes matières lubrifiantes employées pour le graissage des engins mécaniques*.

M. Asselin rappelle que dans un ensemble d'engins mécaniques, la force absorbée par les frottements pour atteindre 30 pour 100, suivant la qualité de la matière lubrifiante employée. Cette réduction possible de 30 p. 100, sur la force motrice, constitue pour l'étude des moyens aptes à réaliser cette réduction une question économique de premier ordre. Au point de vue du frottement, les agents lubrifiants sont de véritables agents mécaniques.

M. Asselin se propose de traiter la question sans aborder l'histoire des matières grasses, mais seulement avec l'intention d'indiquer à grands traits les avantages et

1. Cette note se trouve publiée *in extenso*, page 359.

les inconvénients des divers agents lubrifiants usités, et de donner la description succincte des méthodes qui, sagement employées, permettent de réaliser tout ou partie de l'économie précitée.

M. ASSELIN attribue à la constitution variable d'une même substance les plaintes nombreuses et les vives récriminations des industriels à l'endroit des matières grasses et en particulier des huiles.

Il rappelle ensuite la classification naturelle des huiles en huiles animales, huiles minérales et huiles végétales.

Les deux premières classes, dit-il, sont d'un intérêt limité. La troisième classe, huiles végétales, doit surtout attirer l'attention de l'industriel. Elle seule peut satisfaire aux exigences pratiques et économiques de la grande industrie; elle y satisfait surtout si elle peut fournir un produit toujours régulier.

M. ASSELIN énumère ensuite les différentes sortes d'huiles animales; il dit quelques mots du procédé d'extraction; il insiste sur leur pureté due à la sécrétion pendant la vie animale et sur l'inconvénient assez grave de leur facile congélation; il reproche à cette congélation d'être non-seulement facile, mais encore variable, comme étant fonction de la quantité de stéarine laissée dans les huiles; cette quantité elle-même dépend d'un assez grand nombre de circonstances. De plus, la production de ces huiles est limitée, leur prix est excessif. Il résulte de là que leur emploi intéresse surtout des industries spéciales; par exemple, la lubrification des pièces mécaniques pour l'horlogerie.

M. ASSELIN signale dans les huiles minérales une diversité d'origine et de qualité encore plus grande que celle indiquée pour les huiles animales. L'odeur vive et pénétrante de ces huiles est caractéristique et constitue un obstacle réel à leur emploi; leur densité généralement faible est un obstacle non moins grand.

Il donne quelques explications sur les substances dites *épaississants*, et aussi sur les mélanges des huiles minérales avec des huiles animales; puis insiste sur ce point que l'on doit reléguer l'emploi des huiles minérales aux mouvements rapides d'organes légers, les broches d'une filature, par exemple, et l'exclure pour tous les organes soumis à une forte pression. L'industriel doit veiller attentivement à la limite sage de pression qu'il ne doit point franchir dans l'application de ces huiles; il doit aussi savoir que certains gisements minéraux, producteurs de ces huiles, contiennent des matières organiques sulfurées, et rejeter impitoyablement de tels types, car les huiles de cette espèce, en contact avec les métaux, donnent rapidement naissance à des sulfures métalliques.

M. ASSELIN, en abordant le troisième groupe, les huiles végétales, insiste sur les variations de composition de ces huiles, dépendant de la plante, du sol, des influences atmosphériques pendant la végétation, et surtout du mode d'extraction employé. Il rappelle que les huiles, à l'état de pureté, sont constituées chimiquement par de l'oléate et du margarate de glycérine, mais qu'à l'état naturel, au sortir de la presse, il y a, en outre, des substances colorantes, mucilagineuses, résineuses qui les accompagnent; ces substances fort nuisibles dans l'emploi de ces huiles doivent, avant tout, être expulsées; c'est de cette manière seulement qu'on peut arriver à l'obtention d'un produit toujours constant, toujours régulier, parfaitement lubrifiant.

Il passe en revue les différentes tentatives faites pour atteindre ce but. Un long repos au sortir des presses; des filtrations à travers des couches de substances diverses, sont des moyens dont l'insuffisance notoire fit recourir bientôt à l'emploi

des agents chimiques ; la méthode la plus anciennement connue, enseignée par Thénard, le traitement par l'acide sulfurique concentré, donne une matière d'aspect séduisant, bonne pour l'éclairage, mais complétement impropre aux autres usages, tels que *graissage des engins mécaniques ; ensimage des laines ; travail des cuirs.*

M. Asselin explique que cette exclusion est motivée par les faits suivants : affinité presque égale de l'acide sulfurique, d'une part, pour les matières mucilagineuses résineuses, qu'il s'agit de détruire ; de l'autre, pour les éléments constituants de l'huile, et formation par suite de cette dernière affinité de produits particuliers et bien définis, des acides sulfo-gras, solubles dans l'huile, qui donnent naissance, au bout d'un certain temps, à des acides gras, corps éminemment nuisibles pour les emplois dont il s'agit.

M. Asselin décrit avec détail un autre procédé, basé sur l'action des alcalis et en particulier de la soude caustique sur les huiles végétales ; dans ce cas, il y a également séparation complète des matières mucilagineuses, et il ne se produit aucun corps nuisible à la qualité de l'huile ; c'est seulement après avoir agi sur la totalité des matières étrangères que l'alcali, s'il est en excès, porte son action sur la margarine de l'huile pour former, dans ce cas, un sous-savon insoluble. Ce procédé est basé sur l'affinité inégale des alcalis pour les différents principes constituants des matières grasses ; il y a, dans l'histoire des corps gras, des faits similaires bien connus ; par exemple, l'inégale affinité de la margarine et de l'oléine pour les alcalis.

M. Asselin donne ensuite une description assez détaillée du mode d'opérer ; du dosage méthodique de l'alcali ; de la réaction due à un excès d'alcali (soude caustique, expédiée dans des fûts en fer, produit d'importation anglaise) ; des avantages pratiques que présente ce procédé sur l'emploi de l'acide sulfurique, tels que : simplification du matériel de l'épurateur, suppression des lavages à l'eau chaude, par suite de ses lenteurs et du déchet occasionné ; réduction du temps de repos ; plus-value considérable des résidus d'épuration.

M. Asselin insiste tout particulièrement sur la régularité constante et rigoureuse des produits ainsi obtenus ; toutes les variétés d'une huile végétale donnée se ramenant, après épuration, à un même type invariable ; et sur la viscosité, propriété spéciale de certains corps gras, de pouvoir adhérer plus ou moins fortement au métal ; dans le cas actuel, la viscosité étant devenue plus forte, l'huile peut s'appliquer à des mouvements soumis à une très-forte pression.

M. Asselin fait remarquer que la couleur de l'huile épurée (beaucoup plus pâle que celle de l'huile brute qui lui a donné naissance) est un indice, presque une preuve de la parfaite épuration. Ainsi toutes les huiles brutes de colza, quelle que soit leur origine, donneront après épuration complète un produit identique. Il appelle l'attention principalement sur l'huile de colza, à cause de ses qualités, de son prix relativement peu élevé, et de sa culture éminemment française.

M. Asselin désire ne pas terminer son rapide exposé sans dire quelques mots du graissage par l'eau, mis en relief dans ces dernières années, bien plus par le nombre que par la réussite des tentatives faites.

Il ajoute que pour qu'une matière puisse être réputée lubrifiante, elle doit remplir plusieurs conditions : elle mouillera les surfaces, elle ne s'altérera pas trop promptement ; à sa fluidité, doit s'ajouter la viscosité, qualité en apparence contradictoire.

Chacune de ces propriétés constitue isolément une propriété physique, mais leur réunion est indispensable pour constituer un agent lubrifiant ; ce qui fait voir que la

classe des substances organiques, dite corps gras, est la seule jusqu'ici qui puisse être employée.

Il a été reconnu que la présence de l'eau, en contact avec des métaux différents, donnait constamment lieu à l'attaque du métal électro-positif.

En terminant, M. Asselin croit inutile d'insister sur toutes les altérations que subirait un ensemble d'engins mécaniques graissés par l'eau, alors qu'il y aurait arrêt.

M. le Président fait remarquer que ce qui vient d'être dit en dernier lieu, relativement au graissage par l'huile exclusivement, est peut-être trop absolu.

Il cite le cas des tourillons des volants des forges, qui sont constamment garnis d'un morceau de suif et arrosés d'eau ; l'eau semble être à la fois un agent réfrigérant et un véhicule utile des matières lubrifiantes.

M. Asselin voit dans ce fait un empêchement à l'échauffement ; mais il ne reconnaît là aucune action lubrifiante de la part de l'eau, qui du reste ne peut mouiller les surfaces soumises à de si fortes pressions. Il ajoute que si l'eau peut entrer en forte quantité dans certaines préparations lubrifiantes, telles que graisses pour chemins de fer, graisses pour engrenages, c'est à la condition d'être en combinaison ou tout au moins de faire émulsion avec les matières grasses. Le graissage par des matières solides ou pâteuses exigerait des développements spéciaux ; il rappelle qu'il n'a parlé que de l'eau pure.

M. Maldant partage l'opinion de M. le Président, et il ne croit pas qu'on puisse condamner l'eau et la vapeur, et contester aussi exclusivement leurs *propriétés lubrifiantes*. Si ces propriétés n'existaient pas, verrait-on se comporter et se conserver, comme elles le font, les parties frottantes des cylindres et des pistons des machines à vapeur.

M. Asselin fait observer qu'un piston est un organe qu'il faut graisser d'autant moins que l'on est plus assuré du degré de poli acquis par les surfaces frottantes, mais qu'il faut toujours graisser un peu, sous peine d'absorber une trop grande quantité de force motrice, que d'ailleurs il y a toujours graissage, dans le cas que l'on vient de citer, par l'entraînement mécanique des matières lubrifiantes adhérentes à la tige du piston. L'analyse des matières que l'on rencontre, alors que l'on démontre les cylindres, est d'un grand intérêt pour l'étude des matières entraînées mécaniquement.

M. Hamers fait observer qu'un industriel de Bruxelles, M. Hæck, a pris depuis l'année dernière divers brevets relatifs au *graissage par l'eau*.

Les tourillons sont humectés ordinairement par l'intermédiaire de morceaux d'étoffe de laine.

Il paraît que le système de M. Hæck a du succès dans certains cas particuliers, et que quelques usines du Brabant n'emploient pas d'autre graissage.

Séance du 24 Mai 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 3 mai est lu et adopté.

M. le Président donne la parole à M. Salvetat, pour sa communication sur les produits céramiques réunis à l'Exposition.

M. Salvetat expose d'abord que la classification de ces produits laisse beaucoup à désirer pour un examen méthodique.

La grande division en objets céramiques usuels et en objets d'ornementation n'a pas pu être suivie; en outre, la plus grande partie des objets d'ornementation se trouve dispersée dans le parc; elle sépare du même groupe quantité de produits intéressants qu'il n'est guère possible d'isoler, si l'on veut se faire une idée de l'importance de la grande industrie des terres cuites.

L'étude en est par suite longue et difficile.

M. Salvetat croit que l'on n'a que peu gagné sur les classifications adoptées dans les expositions précédentes. Il eût mieux valu ne faire qu'un seul groupe de tous ces produits, en le désignant, d'une manière générale, sous la désignation d'arts céramiques.

En Prusse, M. March expose des produits remarquables, au point de vue de la construction d'édifices en matières céramiques dans les pays dépourvus de pierres calcaires.

Un avenir est évidemment assuré à cette branche de la fabrication des objets en terre cuite.

L'exposition de M. Virebent est aussi intéressante. Cet industriel semble restreindre sa fabrication à un seul genre, la céramique appliquée à la construction d'objets religieux. Sous ce rapport, un exposant français, Mc De Bay, a aussi une exposition très-complète.

Dans une autre voie, l'exposition de M. Muller est remarquable; après s'être attaché à l'étude de la forme des briques et des tuiles, il a abordé la poterie décorative et a créé un grand nombre de modèles. M. Clemandot veut plus particulièrement reproduire la pierre de taille. Ses produits très-remarquables en ont la couleur.

M. Muller fabrique aussi des produits très-réfractaires de bonne qualité.

En France, la Compagnie parisienne, et en Belgique, plusieurs établissements présentent des spécimens de cornues à gaz; les terres d'Andennes, employées en Belgique, se prêtent parfaitement à cette fabrication.

La fabrication des tuyaux de drainage qui, en 1851, apparaissait avec un caractère de nouveauté, est restée ce qu'elle était à cette époque.

Passant ensuite à la fabrication des poteries proprement dites, M. Salvetat dit que les diverses expositions étrangères n'en représentent ni l'importance, ni les moyens réels de fabrication.

Les exposants se bornent à envoyer des produits fabriqués ou décorés en vue de l'Exposition, mais l'outillage y fait complétement défaut, même celui qui a place journellement dans la fabrication ordinaire.

M. Salvetat entre ensuite dans quelques détails sur l'historique et sur les résultats du traité de commerce avec l'Angleterre en ce qui concerne les produits céramiques.

Dès 1820, il a été question de lever la prohibition qui pesait sur les produits étrangers. Le gouvernement a, dès cette époque, ouvert une enquête, les fabricants demandèrent des délais qui ont été renouvelés de huit en huit années, jusqu'en 1860. Ces industriels refusaient alors un droit protecteur de 50 p. 100.

En 1860, est intervenu le traité de commerce, qui fixait à 30 p. 100, comme maximum, le droit protecteur, pour les industries qui demandaient la plus grande protection. L'enquête et les résultats qui s'en suivirent forcèrent les fabricants à renouveler leur matériel. Ils ont même augmenté beaucoup leur fabrication.

Parmi les difficultés qui se sont élevées au sujet de l'application de la loi, il faut placer au premier chef la difficulté de prendre la base de 100 kilogrammes de poterie, comme on l'avait fait pour d'autres articles.

Il a fallu créer des catégories, et comme déterminer la valeur réelle d'un produit particulier appartenant à chaque catégorie n'était pas encore possible, après discussion le droit fut fixé à 20 p. 100 *ad valorem*, pour être réduit à 15 p. 100 deux ans après.

Les fabricants français se sont décidés à faire des sacrifices; ils ont modifié leur fabrication, et les Anglais ne viennent apporter aujourd'hui, sur notre marché, que certains produits, tels que la porcelaine tendre et quelques objets de décoration, comme les majoliques de Minton ou quelques produits de Copeland et de Wedgwood.

En ce qui concerne les faïences fines et communes, la fabrication anglaise a rencontré sur le marché intérieur des concurrents sérieux, dans les fabriques de Sarreguemines, de Creil et Montereau, de Choisy, de Gien, etc.

Le droit protecteur, appliqué aujourd'hui, paraît donc suffisant; mais il n'est pas possible d'affirmer qu'il sera suffisant pour compenser la différence de prix du combustible, si l'on modifiait les tarifs pour les abaisser.

On ne fait pas de porcelaine dure en Angleterre; depuis 1862, la fabrication de Limoges a considérablement augmenté. Il y a maintenant 36 fabriques de porcelaines, au lieu de 25 qui existaient il y a dix ans; on emploie généralement la houille pour la cuisson.

On remarque à l'Exposition un progrès notable dans la fabrication de ce centre manufacturier. On n'emploie pas encore de procédés mécaniques, quoiqu'il soit vraisemblable qu'on arrivera à traiter mécaniquement la pâte de porcelaine comme on l'a fait pour les faïences. A Londres, en 1862, tandis que deux maisons représentaient l'exposition de Limoges, 12 fabriques témoignent cette année de l'importance des produits de cette région.

Quant aux produits étrangers, si l'on examine l'ensemble de l'Exposition, on voit que la fabrication est restée ce qu'elle était aux expositions précédentes, depuis 1851 même, en ce qui concerne les manufactures royales étrangères. En ce qui concerne les faïences d'art, une salle est réservée, au Champ de Mars, à des artistes qui, avec des capitaux restreints, fabriquent des objets d'art. Un grand nombre de chefs-d'œuvre y sont rangés. Ces pièces sont plus remarquables que beaucoup

d'autres provenant de fabrication ancienne, et que les amateurs achètent à des prix très élevés.

Chacun de ces exposants a un mérite particulier, et l'Exposition eût été plus remarquable encore si des négociants n'avaient pas été admis en concurrence avec les fabricants, ce qui a dû diminuer la place que l'on a pu accorder à ceux-ci.

L'exposition anglaise a un grand éclat, quoiqu'elle ne comprenne que trois maisons principales.

La maison Minton a une exposition remarquable, mais on y voit qu'au point de vue du goût des transformations sont nécessaires.

On y trouve aussi des reproductions de pièces anciennes, modifiées peu heureusement par des peintures ou des accessoires d'époques différentes.

L'exposition Copeland montre quelques difficultés de fabrication bien résolues; les modèles y sont généralement bien choisis.

Enfin, les successeurs de Wedgwood ont repris la fabrication des jaspes, qui ont fait la réputation du fondateur de la maison; leur exposition est formée en partie de pièces ayant paru déjà en 1862, et ayant un caractère d'uniformité qui fait tort à l'ensemble de leurs vitrines.

La fabrique anglaise de Doulton est encore à la tête de la fabrication des grès, pour appareils de chimie, tuyaux, etc.

M. Salvetat cite, en terminant, les carrelages en grès très-remarquables de Maubeuge, de Keramis et de Mettlach.

M. le Président demande si la poterie décorative était représentée aussi complétement aux Expositions précédentes, et si l'uniformité de teinte peut être obtenue couramment et aussi parfaitement que dans des pièces d'Exposition. Il désirerait être éclairé sur la question de savoir si la suppression du droit protecteur aurait pour conséquence l'introduction de France, d'un très-grand nombre de produits anglais.

M. Brull ne sait pas si M. Salvetat a parlé de produits anglais que l'on vend maintenant à Paris et qui sont remarquables par leur solidité. Ces pièces peuvent résister à des chocs violents.

M. Hamers demande si ces produits ont de l'analogie avec ceux du marquis de Monestrol, qui sont remarquables par leur dureté, leur sonorité et leur résistance au choc.

M. Salvetat répondant aux diverses questions qui lui sont adressées, dit que la poterie décorative est représentée cette année beaucoup plus complètement qu'auparavant.

Il entre ensuite dans quelques explications sur le rôle du four dans la fabrication pour la couleur que le produit présente. On obtient des résultats toujours identiques en maintenant dans le four la même atmosphère oxydante ou réductrice, et l'on emploie maintenant ce procédé pour obtenir des produits différents suivant la position de l'objet dans le four.

Dans la fabrication en grand il est toujours facile de rassortir la nuance par un triage à la sortie du four, en communication directe ou non avec l'air extérieur.

M. Salvetat répond à la question du droit protecteur, que les fabricants ont déjà fait de grands sacrifices en réduisant leurs bénéfices et en modifiant leurs fabrications; une diminution de 6 pour cent dans le droit protecteur suffirait pour amener en France les produits anglais en très-grande proportion.

Répondant aux observations de MM. Brull et Hamers, M. Salvetat dit que ces produits résistants se fabriquent maintenant en France et en Angleterre ; ce sont les Anglais qui ont fait les premiers ce qu'ils ont appelé les iron-stones ou cailloutages que l'on nomme en France porcelaine opaque. Aujourd'hui la fabrication des cuvettes et autres objets de toilette se fait avec la même qualité brillante et la même résistance, en France qu'en Angleterre. Il n'y a guère que la variété des dessins sous couverte qui est moindre chez nous que de l'autre côté de la Manche.

Quant à la sonorité des produits de M. le marquis de Monestrol, ce n'est là qu'une qualité secondaire qui ne semble pas devoir faire concurrence aux alliages dont on s'est servi jusqu'à présent pour fabriquer les cloches.

M. Farcot (Joseph) rend ensuite compte de l'examen qu'il a fait des moteurs de l'Exposition.

M. Farcot avait cru, qu'en sa qualité d'exposant, il ne pouvait guère accepter la mission de rendre compte des moteurs en mouvement à l'Exposition. M. le Président ayant insisté, M. Farcot s'est décidé à exposer ses impressions, en ne traitant toutefois la question qu'au point de vue général et avec la réserve que sa situation lui impose.

On peut constater à l'Exposition de 1867, plus encore que dans les précédentes, pour les machines motrices, le développement des tendances naturelles de la bonne construction imposées par les besoins de l'industrie. On cherche à simplifier les machines, tout en les douant des avantages indispensables dont on reconnaît de plus en plus la nécessité, savoir : *sûreté de service, économie de combustible* et *régularité de marche.*

Les machines horizontales paraissent employées de plus en plus à cause des facilités que présente leur installation, mais les moteurs à balancier et d'autres anciens systèmes ne sont pas abandonnés : on donne même avec raison la préférence aux anciens types à deux cylindres de Wolf, dans certaines circonstances particulières, pour les machines élévatoires par exemple, et aussi pour machines d'usines ; mais il serait à désirer que ces applications exceptionnelles fussent toujours étudiées en tenant bien compte des progrès réalisés et acquis depuis trente ans.

Les constructeurs, qui exécutent les machines horizontales, paraissent connaître plus complétement et avoir mieux étudié les inconvénients qu'elles présentaient dans leur service à l'époque des premières années do leur vulgarisation : ils prennent des précautions pour faire face aux difficultés et embarras de l'entretien et du service, mais tous n'ont pas le même degré d'expérience sous ce rapport, et plusieurs sont encore engagés dans des erreurs de principes, faute d'avoir bien étudié théoriquement et constaté pratiquement les vraies conditions de la bonne construction de ces machines.

Les chocs dans les articulations, qui pour les machines sans détente ou à faible variation de pression et à vapeur molle ou étranglée, n'ont pas grande importance et sont supprimés facilement, sont au contraire une des difficultés principales des bonnes machines à détente longue et précise, à vapeur énergique agissant avec toute la pression du générateur, et bien que beaucoup de moteurs fonctionnent encore avec des valves ou papillons étranglant la vapeur, on reconnaît que les moyens de serrage des articulations et paliers sont l'objet d'études spéciales.

Les dispositions employées dans les locomotives et autres appareils à grande vitesse ont servi sous ce rapport de modèles aux divers constructeurs ; cela est rationnel en certaines circonstances, mais le serrage à bloc des articulations ne peut

être, suivant nous, considéré comme réellement pratique dans les usines, et l'expérience des moteurs ordinaires et à vitesse moyenne, employés en industrie, prouve que l'entretien le plus facile est celui des machines à serrage précis et facultatif, réglé par clavettes à vis.

Les paliers de manivelle sont, pour les machines horizontales à grande détente surtout, l'une des principales difficultés de la construction et du service ; beaucoup d'exposants les ont établis avec coussinets en quatre morceaux et à serrage latéral, à flancs droits serrés par coins latéraux, ou bien, suivant une disposition nouvellement présentée, à flancs courbes sans coins, se serrant horizontalement et avec plus ou moins d'exactitude, par l'effet de la descente verticale du chapeau : ce dernier système est serré à bloc, ce qui n'est guère pratique pour une usine.

Ces divers types de paliers à quatre coussinets ne paraissent pas tenir compte suffisamment de la direction réelle et de la résultante des forces qui agissent sur l'arbre, en ce point, pour les machines horizontales. Cette résultante, en effet, ne peut presque jamais être horizontale, à cause du poids des masses en mouvement ; elle n'est verticale que pour le moteur en repos, dont le cylindre est vide de vapeur, et lorsque l'on se rend bien compte de la direction moyenne et presque permanente de cette résultante, on reconnaît qu'elle doit, dans les paliers à quatre coussinets, presque toujours travailler sur les fentes de jonction situées environ à 45°.

La meilleure solution de cette difficulté doit donc être celle que l'on obtient par deux coussinets, à fente verticale, disposés d'une façon spéciale permettant de les retirer latéralement sans retirer l'arbre : cette section des coussinets en deux morceaux seulement n'est pas nouvelle, elle est même très-ancienne ; mais les dispositions nouvelles dont nous parlons l'ont rendue réellement pratique, et l'expérience a prouvé que, conformément à la théorie, l'usure verticale sur la fente des deux coquilles n'est pas à craindre, la résultante ne pouvant avoir cette direction verticale que pour la machine en repos.

La théorie des enveloppes de vapeur découverte par Watt, et si bien développée en France depuis vingt-cinq ans, paraît admise de plus en plus par les constructeurs de divers pays, qui veulent tenir sérieusement compte de l'économie de combustible, et malgré l'opposition qui a été trop longtemps faite sous ce rapport aux idéés des ingénieurs et constructeurs français.

Les difficultés d'exécution de ces enveloppes, qui paraissent à première vue sans importance, sont de plus en plus connues ; chacun cherche le meilleur mode d'assemblage de l'enveloppe avec le cylindre intérieur, et le moyen d'éviter les fuites dues aux effets si puissants de dilatations ; les divers modes de joints par mastic de fonte ou autre matière, rodage de surface, etc., sont employés et réussissent plus ou moins, suivant les circonstances et l'intensité des variations de température dues au service ; le meilleur mode paraît encore être le joint par cercles métalliques entrés à force et matés comme joints de chaudronnerie, c'est celui qui donne toute satisfaction dans les machines économiques, à très-grande détente, qui sont exposées aux plus grandes variations de pression et de température.

La question de l'usure des cylindres horizontaux par le fait du poids des pistons qui a été longtemps un inconvénient beaucoup trop exagéré, et même un épouvantail pour les acquéreurs de ce genre de moteurs, ne paraît pas effrayer beaucoup maintenant, si on en juge par le grand nombre des machines horizontales exposées, probablement parce que chacun a pu avec le temps se rendre mieux compte pratiquement de la valeur réelle insignifiante et sans importance pratique de cette usure.

Néanmoins les moyens d'éliminer ou d'annuler pratiquement l'effet du poids du piston ne paraissent pas étudiés bien à fond par tous les constructeurs; quelques-uns croient avoir résolu la difficulté en prolongeant la tige du piston au delà du fond, pensant que la rigidité de cette tige, appuyée en ses deux extrémités, pourra soutenir et neutraliser le poids du piston. Il est facile de se rendre compte par le calcul de l'impuissance absolue de la tige d'une machine un peu grande, et dans les proportions ordinaires de course, à se soutenir elle-même, sans flexion très-sensible et même considérable, sous l'action de son propre poids et *à fortiori* sous celle du poids du piston. On reconnaît, en calculant cette flexion par les formules ordinaires, qu'elle n'est négligeable que pour les machines très-faibles ou à course très-petite, par rapport au diamètre, dans lesquelles le soutènement du piston n'est plus utile, et que pour se supporter efficacement elle-même, avec les proportions usuelles des cylindres, la tige étant pleine, devrait avoir un diamètre excessif; qu'il faut la faire creuse pour arriver à un résultat sérieux, quand on a réellement besoin de soulager le piston, comme dans les appareils soufflants ou autres analogues.

L'expérience a confirmé ces déductions de la théorie; en effet, la tige fléchissant fait décrire au piston, dans un plan vertical, non pas une ligne droite, mais une courbe, qui le fait appuyer tantôt en haut et tantôt en bas du cylindre à génératrices rectilignes qui le contient, et le machiniste, pour éviter de produire ainsi des grippements, est obligé de ne pas se servir des moyens de relevage ménagés aux extrémités de la tige double, et de l'abandonner à elle-même comme une tige simple.

Pour annuler pratiquement l'effet de l'usure verticale due au poids du piston, le moyen le meilleur et le plus efficace est, selon nous, de faire le bloc de piston très-long, ayant une projection horizontale la plus étendue possible, afin de répartir son poids en constituant, par centimètre carré de la surface horizontale frottante, une pression verticale très-faible et insignifiante relativement à l'intensité des forces qui agissent sur le piston. Il faut, dans cette hypothèse, que le bloc porte sur sa surface tout entière et non pas sur des segments isolés et étroits.

C'est ainsi que les anneaux multiples Ramsbottom sont employés dans plusieurs machines avec grand succès, bien que l'on ait cru devoir les rejeter, bien à tort selon nous, sur plusieurs lignes de chemins de fer et en plusieurs circonstances. Ce bloc long, avec anneaux libres, ne portant pas au fond des rainures, constitue le piston doux par excellence, fonctionnant à la fois comme un piston plein et restant étanche néanmoins, avec le minimum de frottement latéral dû aux segments, la pression de la vapeur décroissant graduellement d'un anneau à l'autre.

Plusieurs constructeurs français et étrangers ont adopté ce mode de construction qui est selon nous le meilleur, surtout pour machines à grande détente et à économie de combustible. Il faut seulement que les anneaux soient exécutés avec soin, pour que leur usure soit aussi uniforme que possible sur leur pourtour.

La détente est généralement employée à l'Exposition; les moteurs sans expansion y sont rares, sauf toutefois ceux d'extraction pour mines, et cependant on peut constituer facilement des machines d'extraction à détente variable, avec ou sans condensation, réglée par la coulisse de changement de marche et dans lesquelles la manœuvre est aussi libre que dans aucun type connu, s'effectuant à pleine admission, spontanément et sans que le machiniste ait à s'en occuper; il est regrettable que les préjugés des constructeurs et acquéreurs de machines d'extraction soient assez forts pour ralentir le progrès sous ce rapport, malgré les exemples des bonnes ma-

chines, constituées comme nous venons de le dire et fonctionnant à l'entière satisfaction de leurs possesseurs.

Les appareils de détente variable qui sont appliqués dans les moteurs en mouvement sont de divers systèmes.

La détente Meyer à deux excentriques et glissières à écartement variable par vis, est employée dans beaucoup de machines, notamment dans celles à cylindres couplés sur bâti double à 90°, l'expansion dans ce système n'est guère variable qu'à la main.

Un autre type français de détente, à deux glissières transportées par le tiroir et variable par l'effet d'une came à mouvement angulaire ou d'un coin mobile, connu depuis plus de trente ans sous un autre nom, paraît préféré par beaucoup de constructeurs de divers pays, surtout pour les appareils dans lesquels on a l'intention de faire varier l'expansion par le régulateur.

On trouve aussi plusieurs exemples et variantes de la détente variable, par coulisse mobile, qui figurait sur la machine d'Allen, à Londres, en 1862, et que l'on reconnaît, fonctionnant par deux excentriques ou par deux mouvements rectilignes différents : ces systèmes, bien exécutés, sont d'un bon effet, bien qu'un peu complexes : nous ne croyons pas qu'ils soient préférables aux appareils plus simples de détente variable à un seul excentrique.

Dans les moteurs à détente variable à la main et non par le régulateur, la vitesse est plus ou moins bien réglée au moyen d'une valve ou autre obturateur étranglant la vapeur : la machine marche alors presque constamment avec perte de pression de la vapeur, car elle doit, pour que le modérateur puisse agir, être réglée pour l'admission qui correspond au maximum de travail, le machiniste ne pouvant, à chaque instant et pour toute variation un peu notable de résistance, toucher à la détente. Ce grave défaut, bien que l'expérience et la théorie en indiquent depuis longtemps toute l'importance, subsiste dans un bon nombre de moteurs en mouvement.

Cependant les avantages de la détente variable par le régulateur, qui satisfait à tous les besoins du travail, paraissent de plus en plus appréciés en divers pays et considérés comme un important progrès, mais beaucoup de constructeurs résistent encore à cette tendance, à cause des difficultés que présente la réalisation d'un bon appareil de ce genre.

Quelques machines fonctionnent avec deux détentes superposées, étant munies d'un système d'expansion variable à la main et gouvernées par un modérateur Larivière, qui produit une seconde détente par étranglement et plus ou moins régulière; ces deux détentes doivent nécessairement se contrarier et produire un mauvais effet pour le bon emploi de la vapeur.

L'emploi de l'appareil Larivière nous paraîtrait rationnel pour les anciennes machines à deux cylindres de Woolf, dans lesquelles le petit cylindre fonctionne ordinairement sans expansion : on ne peut dire néanmoins que ce soit là une solution complète et satisfaisante, car la détente ainsi produite dans le petit cylindre, ne peut être régulière, nette et bien économique, cela est seulement préférable à l'emploi d'une valve; mais si, après l'obturateur Larivière, on place une détente variable à la main, il y a là une superposition de détentes successives nuisible et peu rationnelle.

D'autres appareils de détente, moins connus que les précédents et variables par le régulateur, fonctionnent à l'Exposition ; on reconnaît, par exemple, dans les sec-

tions anglaise et américaine, deux machines du type présenté à Londres, en 1862, par un exposant allemand, avec bâti constitué par une seule longuerine faisant corps avec le palier de manivelles, distribution à quatre soupapes ou demi-tiroirs oscillants, conduits par quatre tiges à mouvement alternatif; une bosse manœuvrée par le régulateur, pour chacune des tiges supérieures, fait décrocher plus tôt ou plus tard et successivement chacune des deux soupapes d'admission.

La machine américaine de ce type est d'un grand brillant presque argentin et d'une toilette excessivement soignée.

Le besoin de régularité absolue qui se fait sentir de plus en plus pour les machines de manufactures, apparaît bien à l'Exposition; un grand nombre de systèmes sont présentés, la solution du problème est difficile, des appareils proposés comme très-efficaces laissent emporter les machines qu'ils sont censés conduire, et c'est seulement par des expériences sérieuses que l'on doit pouvoir constater leur véritable valeur.

Les appareils exposés comme régulateurs peuvent se diviser en deux classes distinctes :

1° Les *modérateurs*, pendules de Watt, et autres à oscillations plus ou moins limitées, ne proportionnant pas la puissance à la résistance, mais limitant seulement les écarts de vitesse par l'oscillation des masses mobiles, qui reviennent constamment à leur position normale.

2° Les *régulateurs* proprement dits *équilibrés*, ou plus ou moins *isochrones*, de divers systèmes, à bras croisés ou non croisés, étrangers ou français, isochronisés plus ou moins réellement, et devant proportionner la puissance à la résistance par la variation permanente de la position angulaire des masses suspendues.

Les défauts des simples *modérateurs* sont connus, ils sont plus ou moins atténués par les bonnes proportions de leur construction.

Parmi les *régulateurs* proprement dits, les uns sont isochronisés par surcharge variable du manchon, ou par décharge comme ceux de MM. Charbonnier et Meyer. D'autres sont à ressorts plus ou moins bien réglés et calculés, longitudinaux ou transversaux.

Les propriétés remarquables du *ressort transversal directement attaché* sur les bras, et dont *le moment est constamment proportionnel à celui de la force centrifuge*, ont été manifestées par nous au commencement de 1864 : elles ont été mises à profit pour la construction de divers types figurant à l'Exposition dans diverses classes.

Le principe de la *nécessité de la transmission en rapport constant* ou du *pouvoir réglant constant*, pour la même variation de vitesse, énoncé par nous depuis plusieurs années, semble tout à fait méconnu par les divers inventeurs. Et cependant, il est de la plus simple évidence que les régulateurs, qui ne sont pas doués de cette transmission en rapport constant, peuvent être plus ou moins isochrones, comme pendules géométriques et théoriques, mais que, dès qu'ils travaillent, leur isochronisme est détruit par la résistance de l'organe à gouverner, dont le moment n'est plus en rapport constant avec ceux des forces centrifuges ou autres qui constituent le régulateur théorique, et l'appareil pratique devient un perturbateur.

En conséquence, un tel système ne peut agir que sur des valves ou autres organes présentant une résistance très-faible ; ces valves, étranglant la vapeur, sont d'un effet très-fâcheux pour l'économie de combustible, comme nous l'avons dit plus

haut, bien que, dans des expériences comparatives, on puisse ne pas voir immédiatement leur mauvaise influence, car pour un essai au frein par exemple, la valve est ouverte en grand, tandis qu'en marche normale elle est et doit être presque toujours à moitié fermée, pour que le régulateur puisse gouverner.

Si au contraire on veut faire régler la machine d'une manière rationnelle, économique et efficace, par la variation de détente, le moment de la résistance devient considérable pour le régulateur, qui alors doit être puissant et a un besoin absolu de la transmission en rapport constant. Cette transmission est réalisée par les bielles croisées ou par d'autres solutions.

Parmi les régulateurs de systèmes divers, plus ou moins isochrones ou non isochrones, un certain nombre ont adopté comme solution pratique, mais peu théorique et incomplète, l'accélération extrême des masses oscillantes. On trouve ce genre de solution sur les appareils d'Allen et autres, analogues au régulateur qui figurait à Londres sous le nom de Porter. Par cette grande accélération, la résistance devient faible comparativement aux forces excessives développées sur le pendule par la vitesse exagérée de rotation qu'on donne aux boules. Cette solution n'est pas exempte de dangers, et l'usure des articulations doit être rapide; de plus elle ne peut être considérée comme complète et véritablement théorique et pratique. Elle est appliquée sur un nombre relativement considérable de machines anglaises, belges, allemandes et américaines; pour vérifier sa valeur réelle, il faudrait pouvoir faire sur ces moteurs des expériences analogues à celles que nous avons faites pour le jury de la classe 52, en supprimant instantanément toute la charge, sans que la vitesse du moteur varie et sans que le machiniste touche à rien.

On trouve, dans l'Exposition américaine, un type nouveau de régulateur à trois boules et à ressorts, très-ingénieux, qui doit laisser à désirer pour l'isochronisme et la transmission en rapport constant, mais qui, agissant sur une valve, paraît bien fonctionner et mérite attention.

La petite machine, gouvernée par ce régulateur, est intéressante par ses dispositions nouvelles et ingénieuses; elle est constituée par quatre cylindres à simple effet, couplés deux à deux, dans lesquels se meuvent des pistons moteurs se faisant à eux-mêmes fonction de tiroirs de distribution, et dont l'usure éventuelle est compensée par leur expansion facultative, produite au moyen d'une clavette conique. L'ensemble de la machine est enfermé dans une boîte qui contient tout le mouvement, et l'aspect en est simple et agréable, l'exécution soignée : nous ne croyons pas néanmoins que ce type soit applicable avec avantage aux moteurs de puissance un peu considérable.

Divers systèmes de régulateurs, plus ou moins connus précédemment, agissent sur la détente variable par déclic ou autrement, les uns avec précision, mais trop lentement, les autres avec rapidité, mais sans précision; le problème est difficile à résoudre, et toute solution présentée ne peut être reconnue comme véritablement pratique et théorique qu'après expérience exacte et rigoureuse, et en supprimant toute intervention du machiniste.

Les générateurs qui alimentent de vapeur les machines en mouvement de l'intérieur du palais, sont de systèmes divers, mais en les examinant on reconnaît une tendance presque générale et très-prononcée à remplacer, pour usines, les anciennes chaudières par des appareils tubulaires; cette tendance s'explique en raison des inconvénients et pertes de chaleur qui sont la conséquence de l'emploi des fourneaux de briques; on espère réaliser une économie notable de combustible en employant les générateurs à foyers intérieurs.

Les chaudières anglaises, à grand diamètre et à deux foyers intérieurs, de même que les appareils divers tubulaires ou semi-tubulaires, avec ou sans retour de gaz chauds, à foyers amovibles ou fixes, sont le résultat et la manifestation de cette tendance générale.

Mais, pour que les générateurs tubulaires fonctionnent avec avantage réel dans les usines, il est nécessaire qu'ils soient réellement et aussi facilement nettoyables que les anciens, que leurs conditions de combustion, de tirage, de réserve d'eau et de réserve de vapeur ne soient pas moins bonnes que celles des chaudières primitives, et que l'eau entraînée par la vapeur ne soit pas en proportion plus grande, augmentant fictivement le nombre de kilogrammes d'eau vaporisés par kilogramme de houille, et nuisant beaucoup en réalité à l'économie comme à la marche des machines. Il faut que les générateurs tubulaires soient supérieurs sous tous rapports et non inférieurs en quelques points aux anciennes chaudières ; c'est là une difficulté que plusieurs systèmes exposés ne résolvent pas assez complétement.

Trop souvent la section tubulaire n'est guère équivalente qu'à la moitié de la section des carneaux ordinaires, et il est difficile par exemple de considérer comme un progrès réel l'introduction de tubes dans le corps principal d'une chaudière ancienne à bouilleurs qui, par cette simple addition, se trouve fictivement doublée de puissance par exemple, alors que l'on a ainsi diminué de moitié sa réserve d'eau, et qu'on oblige les gaz de la combustion, dont le volume est devenu plus grand, à traverser un passage tubulaire de beaucoup plus petit que la section des anciens carneaux, la réserve de vapeur et les diverses dimensions de l'ancien générateur restant d'ailleurs les mêmes.

L'étude plus approfondie et la pratique des générateurs tubulaires appliqués aux usines nous indiqueront à tous, de plus en plus, les vrais principes et proportions de leur meilleure construction, et il y a lieu de croire que l'emploi de ces appareils sera un véritable progrès.

En résumé, nous croyons que le visiteur qui examine les moteurs divers en mouvement à l'Exposition, constituant la classe 52, et l'installation générale des générateurs qui les alimentent, doit reconnaître dans l'ensemble, comme tendance générale et très-prononcée, la recherche des bonnes solutions et conditions de plus en plus exigées par les besoins de l'industrie manufacturière, savoir : *sûreté de service, simplicité d'installation, économie de combustible* et *régularité absolue de marche.*

Nous pensons que les mêmes tendances doivent apparaître dans la construction des moteurs non en mouvement de la classe 53.

Nous espérons que l'on rendra cette justice aux constructeurs et ingénieurs francais de reconnaître qu'ils ne sont pas restés en arrière des autres nations, sous ce rapport, dans la voie du progrès.

M. le Président avait engagé M. Farcot à émettre son opinion sur cette grande question des moteurs à vapeur, et il le remercie, au nom de la Société, de sa très-consciencieuse et habile communication. Sa conclusion est vraie ; la section française se montre au moins égale aux autres, parce qu'elle cherche à se rapprocher plus que les autres pays des conditions théoriques, de conservation de la température de la vapeur, de l'utilisation de la détente et de la régularité de marche.

M. le Président croit que la discussion doit rester ouverte sur cette question des moteurs exposés, et que l'on doit attendre d'autres communications sur le même sujet. Il ajoute que le régulateur à 3 boules, cité par M. Farcot, n'est pas une

invention américaine, mais que ce système a été employé précédemment par M. Deniel.

M. Farcot revenant sur la régulation des machines, répète qu'un grand nombre de régulateurs peuvent être absolument isochrones par eux-mêmes et comme pendules géométriques, lorsqu'ils n'ont aucune résistance à vaincre, mais dès que cette résistance devient un peu considérable, comme lorsqu'ils actionnent les organes de détente, l'isochronisme théorique et pratique disparaît, étant détruit par le défaut de rapport constant entre le moment de la résistance et celui des forces constitutives centrifuge ou centripète du régulateur, et le bon fonctionnement n'est plus possible.

M. Farcot montre l'influence de cette résistance, par un croquis, en prenant pour exemple le pendule isochrone à quatre boules, à ressort transversal et à un seul centre, qui est le type primitif de régulateur pour machines marines de la maison Farcot et ses fils; l'isochronisme de ce pendule, qui est le plus simple de tous, est réel, immédiat et absolu, en raison des propriétés remarquables du ressort transversal. Mais, pour qu'il subsiste, il faut que la transmission en rapport constant soit constituée au moyen d'un système spécial plus ou moins difficile à réaliser, tandis que si on emploie le pendule à bras et bielles croisés, pour le même régulateur à quatre boules, cette transmission est réalisée immédiatement sans système accessoire, en raison des propriétés de ce pendule à longueur constante, qui se suffit à lui-même.

M. Farcot cite encore comme exemple le régulateur allemand à arc de parabole, à bras croisés et à bielles non croisées, qui d'abord n'est pas construit à longueur sensiblement constante et qui donne par suite, lorsqu'on en fait l'épreuve, des différences de plusieurs tours par minute dans la vitesse; et qui de plus, par ses bielles non croisées, ne peut réaliser la transmission en rapport constant.

M. le Président demande l'opinion de M. Farcot sur une machine rotative américaine dans laquelle les pistons sont attachés à deux arbres placés chacun aux foyers d'une ellipse; il ajoute que ces machines, bien que peu économiques, ont cependant un intérêt particulier.

M. Farcot a remarqué que cette machine agissait avec chocs dans les engrenages, et il la croit dans les conditions des autres machines rotatives antérieures, au point de vue du peu d'effet utile et de la faible durée.

Séance du 21 Mai 1867.

Présidence de M. E. Flachat, *Président.*

Le procès-verbal de la séance du 10 mai est lu et adopté.

M. Delesse, ingénieur en chef des mines, fait une communication sur la coupe géologique du nouveau chemin de fer de Paris à Angers par Vendôme et par Tours. Cette coupe, publiée d'après les ordres de M. de Franqueville, directeur génér-

des chemins de fer, a été dressée par M. Mille, ingénieur en chef des ponts-et-chaussées, ainsi que par MM. Dumoulin, Thoré et Guillier, sur les indications de MM. Triger et Delesse. Elle est à l'échelle du 40,000e pour les longueurs et du 2000e pour les hauteurs; ces dernières y sont par conséquent multipliées par 20, et c'est assurément un inconvénient, car il en résulte que les couches sont modifiées dans leurs inclinaisons et dans leurs épaisseurs, qu'elles sont, en un mot, déformées, surtout lorsque leur position s'éloigne beaucoup de l'horizontale. Toutefois, par cela même que cette coupe géologique est spécialement destinée aux ingénieurs des chemins de fer, il a paru préférable de conserver les échelles qu'ils ont adoptées pour la construction.

La coupe géologique de Paris à Angers a été faite en explorant les tranchées du chemin de fer au moment des travaux et en suivant le percement des puits dans les gares et dans les maisons de garde. A l'aide de ces données, la disposition des couches dans le sous-sol a été figurée jusqu'au niveau de la mer et même souvent à des profondeurs plus grandes au-dessous; mais il importe d'observer que leur tracé devient alors hypothétique.

Sans entrer ici dans des détails géologiques sur la coupe, observons que les alluvions et le terrain de transport se montrent dans les vallées de la Seine, de l'Orge, du Loir et surtout dans le val de la Loire.

Le terrain de transport des hauteurs recouvre presque tous les terrains supérieurs aux vallées; il est particulièrement développé sur le plateau de la Beauce. A Châteaudun et sur les collines recouvertes d'argile à silex, il est formé par le remaniement de cette argile.

Le terrain miocène présente les trois étages de l'argile à meulières de Beauce, du calcaire de Beauce, des sables de Fontainebleau; il s'étend surtout entre Dourdan et Voves, sur le plateau de la Beauce; on le rencontre aussi près de Cloyes et de Vendôme.

Quant aux sables de Fontainebleau, le chemin de fer les rencontre près de Brétigny, et ils sont très-développés aux environs de Dourdan, mais ils disparaissent au delà d'Auneau.

Le terrain éocène joue un rôle important dans la partie de la coupe comprise entre Paris et Tours. D'abord les argiles à meulières et le calcaire marneux de la Brie se trouvent entre Savigny et Brétigny.

Maintenant, les marnes vertes se voient à Ablon, Athis, Brétigny, Arpajon. Cette dernière localité est leur limite vers le sud-ouest et leur côte y descend au-dessous de 75 mètres, tandis qu'elle dépasse 100 mètres aux environs de Paris.

Les marnes du gypse sont coupées par le profil du chemin de fer depuis Choisy jusqu'à Breuillet. Près de cette dernière localité, se montre un calcaire lacustre renfermant les mêmes fossiles que celui de Saint-Ouen et représentant son extrême limite. Sa côte, qui atteint 70 mètres, est supérieure à celle de cet étage près de Paris.

Un autre calcaire lacustre, antérieur au précédent et au moins aussi ancien que celui de Provins (Seine-et-Marne), lequel est contemporain du calcaire grossier, s'observe, dans la Beauce, à Voves, à Gault-Saint-Denis, à Moriers, à Bonneval, à Morancez, et se retrouve près de Vendôme, ainsi qu'à Notre-Dame-d'Oé, près de Tours. Il est tantôt dur et compacte, tantôt pulvérulent et crayeux.

L'argile plastique et les sables qui l'accompagnent affleurent à Breuillet et à Saint-Chéron.

L'argile à silex forme des dépôts importants recouvrant les plateaux crayeux, notamment entre Bonneval et Vendôme, à Villeporcher à Château-Renault, à Monnaie et aux environs de Tours. Cette argile a souvent été cimentée par des sources siliceuses et alors elle s'est convertie en un poudingue très-dur.

Le terrain crétacé inférieur ou supérieur est fréquemment atteint par les tranchées du chemin de fer de Paris à Vendôme et à Angers. Le crétacé supérieur comprend la craie à *ananchytes ovata*, qui se rencontre à Sermaise; la craie à *micraster cor-anguinum*, rencontrée dans les puits percés par le chemin de fer sur le plateau de la Beauce; la craie à *spondylus spinosus*, qui est très-développée le long du chemin de fer, particulièrement à Marboué, à Cloyes, à Fréteval et sur les coteaux du Loir jusqu'à Vendôme; la craie à *spondylus truncatus* et à *ostrea auricularis*, qu'on voit à Vendôme, à Château-Renault et près de Tours.

Le crétacé inférieur comprend la craie à *ammonites papalis* et à *terebratella bourgeoisii*, qui se rencontre entre Tours et les Rosiers; la craie à *Rhynconella Cuvieri* et à *inoceramus problematicus*, entre Varenne et la Ménitré; la craie à *terebratella carentonensis* et à *ostrea biauriculata*, près de Saumur; enfin, les sables cénomaniens, qui s'observent également près de Saumur.

Les terrains plus anciens ont une importance beaucoup moindre; ainsi, le terrain jurassique se montre seulement au four à chaux de Saint-Maur, près la Ménitré; il appartient d'ailleurs à l'oolite inférieure.

Le terrain dévonien, représenté par des schistes, apparaît uniquement à Trélazé, et, en approchant encore d'Angers, on trouve à la Paperie le terrain silurien, qui est formé par des schistes, par un grès blanc et par les schistes ardoisiers.

— Telle est la série géologique des terrains rencontrés sur la ligne de Paris à Vendôme, Tours et Angers; il convient maintenant de signaler les matériaux de construction les plus utiles qu'ils fournissent.

Dans le terrain de transport des vallées, on trouve du gravier qui est dur, très-grossier, bien lavé et complétement exempt d'argile; il s'exploite pour ballast sur une grande échelle dans les vallées de la Seine, du Loir et de la Loire.

Le terrain de transport des hauteurs, particulièrement celui qui recouvre l'argile à silex, fonrnit aussi du ballast formé par les silex, mais il est généralement mélangé d'argile.

L'argile à meulière de Beauce donne des meulières pour moellons et pour l'empierrement des chaussées; à Auneau, cette argile sert aussi à fabriquer des briques.

Le calcaire lacustre de Beauce est employé comme pierre de taille; cette dernière est siliceuse, caverneuse, prend bien le mortier et on la recherche pour les parties importantes des constructions. On l'exploite surtout à Praville, où elle est gris bleuâtre, et à Saint-Léger, où elle devient grisâtre.

Dans les sables de Fontainebleau, on trouve du sable qui peut servir à la maçonnerie et des grès tendres qui sont employés en élévation.

L'argile à meulières de Brie donne seulement quelques moellons; les marnes vertes servent à faire des briques; le calcaire lacustre éocène fournit des moellons et des pierres de taille aux environs de Bonneval et de Vendôme, ainsi qu'à Notre-Dame d'Oé. Lorsqu'il est pulvérulent comme à Voves, au Gault-Saint-Denis, à Huisseau, on l'exploite sur une grande échelle pour le marnage des terres.

L'argile plastique est utilisée pour fabriquer les briques, la poterie et les tuyaux de drainage, notamment aux environs de Dourdan.

Les sables de cet étage, étant quartzeux et très-purs, peuvent être employés pour

la verrerie; les grès ladères, qui sont très-durs et cimentés par de la silice, sont recherchés pour le pavage; les poudingues siliceux servent à l'empierrement. On les exploite surtout près de Bonneval.

L'argile à silex permet de faire des briques; mais elles sont grossières parce qu'elle est mélangée de quartz hyalin et de silex; quant aux silex eux-mêmes, ils s'emploient quelquefois dans les constructions.

Le long des vallées du Loir et de la Loire, on exploite, sous le nom de tuffeau, des pierres généralement tendres appartenant à différents étages du terrain crétacé supérieur ou inférieur. Ainsi à Marboué et à Cloyes, le tuffeau est de la craie à *spondylus spinosus*; à Vendôme, c'est de la craie à *spondylus truncatus*, et il fournit un banc dur, siliceux, perforé, qui a été employé au pont sur le Loir. La craie inférieure à *ammonites papalis* donne des tuffeaux jaunâtres, à Tours et à Cinq-Mars; à Saumur et à Saint-Cyr, elle fournit des pierres d'excellente qualité qui servent aux constructions sur les bords de la Loire et qui ont transformé Angers et Nantes.

Entre Varennes et la Menitré, on tire un tuffeau blanc appartenant à la craie à *Rhynconella Cuvieri*.

Ces tuffeaux ont le grand avantage de se laisser tailler avec une grande facilité, et ils ont permis de construire les châteaux élégants que les touristes vont admirer sur les bords de la Loire; mais malheureusement ce sont des pierres qui résistent assez mal à l'altération de l'atmosphère et qui ont généralement peu de durée.

Le calcaire jurassique de Saint-Maur est exploité comme pierre à chaux.

Aux environs d'Angers, le schiste ardoisier silurien fournit, comme l'on sait, des ardoises qui s'exploitent sur une très-grande échelle. Quoique de bonne qualité, elles sont un peu tendres et elles ont une durée moindre que les ardoises des Ardennes.

— M. Delesse donne ensuite quelques renseignements sur la relation qui existe entre la nature géologique du sol et ses propriétés agricoles le long du chemin de fer de Paris à Angers.

Dans les vallées de la Seine, du Loir, de la Loire, le sol est formé par les alluvions variées de ces rivières; et, comme il est suffisamment humecté par leurs eaux, sa fertilité est généralement très-grande. On y cultive des prairies, à Chateaudun, et des légumes à Vendôme, dans la vallée du Loir. Dans la vallée de la Loire, on a de belles cultures maraîchères, des fruits renommés, du chanvre atteignant de grandes dimensions et spécialement employé pour la marine.

Sur les hauteurs, la terre végétale est la partie supérieure du terrain de transport. Elle présente un limon argilo-sableux qui contient des proportions variables d'argile et de sable, mais qui est dépourvu de carbonate de chaux. Cette absence de carbonate de chaux est surtout remarquable sur le plateau de la Beauce qui est entièrement calcaire.

Sur les flancs des collines, on trouve une terre végétale de nature très-complexe et qui renferme les débris des diverses roches qui les constituent.

La Beauce présente une région naturelle parfaitement caractérisée; c'est un plateau bien uni, dont le sous-sol est généralement formé par le calcaire lacustre de ce nom, ou bien par d'autres calcaires. Le terrain de transport qui le recouvre fournit une terre végétale épaisse, assez argileuse pour retenir convenablement l'humidité, assez poreuse cependant pour permettre à l'eau en excès de s'infiltrer dans le sous-sol. Le calcaire sousjacent, indépendamment de ce qu'il peut être utilisé pour des marnages, opère donc spontanément le drainage de la terre végétale qui le recouvre.

On sait, d'ailleurs, que la Beauce est éminemment propre à la culture des céréales qu'elle produit en grande abondance depuis un temps immémorial.

Les sables de Fontainebleau donnent un sol qui est mobile, très-perméable, presque dépourvus d'argile et, par suite, peu fertile. Aux environs de Dourdan, il est en partie couvert de bois.

Les marnes vertes qui affleurent sur le flanc des coteaux fournissent une terre végétale argileuse et généralement humide. Il en est de même pour l'argile plastique. Les jardins et les vergers des environs de Paris sont habituellement sur ces deux terrains. L'argile à silex donne également un sous-sol imperméable, et la terre végétale qui lui est superposée est à la fois forte et froide. Aussi sur les plateaux du Dunois, du Vendômois, de la Touraine, qui sont constitués par l'argile à silex, la culture des céréales est-elle peu prospère. Ces plateaux sont souvent plantés en bois. Sur leurs flancs, où l'eau qui se trouve en excès peut s'écouler facilement, la culture de la vigne est avantageuse, surtout lorsque les silex deviennent abondants et rendent la terre végétale très-pierreuse.

Le terrain crétacé est bien perméable et constitue les parois des vallées du Loir, ainsi que de la Loire. Il donne dans ces vallées un sol excellent sur lequel prospèrent la vigne et tous les arbres fruitiers.

Les terrains siluriens et dévoniens des environs d'Angers sont généralement peu perméables; ils sont recouverts par une terre végétale contenant des débris de schistes et dans laquelle l'emploi de la chaux donne d'excellents résultats.

— M. Delesse appelle encore l'attention de la Société sur la représentation des nappes d'eau souterraines le long de la ligne de Paris à Angers.

Le système suivi pour représenter ces nappes est celui qu'il a employé pour la carte hydrologique de la ville de Paris. A l'aide de nivellements, on a déterminé les côtes de l'eau dans des puits se trouvant sur la ligne du chemin de fer ou bien à une petite distance. Comparant ces côtes entre elles, et avec la constitution géologique du sous-sol déterminée par le profil, l'on a pu réunir celles qui appartiennent à une même nappe et de plus figurer sa surface supérieure.

Dans les vallées de la Seine et de la Loire, la nappe souterraine est la nappe même d'infiltration de ces fleuves; elle se trouve à un niveau supérieur à celui de leurs eaux.

Les nappes souterraines du plateau de la Beauce sont généralement dans le calcaire lacustre qui la forme; des puits profonds sont nécessaires pour les atteindre. Près d'Allonnes, la côte de l'eau s'élève jusqu'à 134 mètres, et c'est vers ce point que doit passer la ligne de faîte de la nappe souterraine se trouvant sous le plateau de la Beauce et qui se déverse d'une part dans la Seine, d'autre part dans la Loire. L'orographie de la Beauce ne permet pas de déterminer cette ligne de faîte et des mesures de puits dans tout le plateau seraient nécessaires pour la tracer exactement.

A l'occasion de cette communication, M. Delesse appelle l'attention de la Société sur les services que la géologie peut rendre à la construction des chemins de fer. Toutefois il serait à désirer que l'étude géologique fût faite au moment même de la construction; car elle serait alors beaucoup plus facile et elle permettrait souvent des rectifications de tracés.

M. le Président demande à M. Delesse quels sont les matériaux qui se sont substitués au calcaire grossier dans les constructions de Paris et quelles sont les pierres de la ligne d'Angers qui pourraient y être employées.

M. Delesse répond à M. le Président que le calcaire grossier, bien qu'en partie épuisé dans le voisinage immédiat de Paris, continue cependant à s'exploiter acti-

vement, en particulier dans la vallée de l'Oise. Ce sont surtout les calcaires jurassiques qui l'ont remplacé pour les constructions importantes, et l'on va les chercher par les chemins de fer jusque dans la Lorraine et dans la Bourgogne. Sur la ligne d'Angers, il n'y aurait guère que le tuffeau qui pourrait venir jusqu'à Paris; mais, malgré la facilité avec laquelle il se laisse sculpter, il faut observer qu'il a souvent le grand inconvénient de s'égrener facilement et de se dégrader par les intempéries.

M. Nordling pense que M. Delesse juge trop sévèrement le tuffeau de la Touraine, et il espère que cette pierre pourra être utilisée à Paris; car elle ne revient pas à plus de 5f,70 le mètre cube étant chargée sur le bateau.

M. le Président prie M. Pérignon de vouloir bien faire part à la Société de ses observations sur les machines marines à l'Exposition universelle.

M. Pérignon s'excuse, en commençant, de juger les travaux d'ingénieurs éminents, et pense que ses critiques résultent de ce qu'il ignore les motifs qui ont pu entraîner tel ou tel système, tel ou tel agencement.

Les appareils moteurs employés pour la navigation peuvent se diviser en deux sections : *les chaudières* et *les machines*.

Les chaudières sont en petit nombre. M. Pérignon donnera quelques détails sur : 1° Les chaudières d'Indret, du type réglementaire, qui fournissent la vapeur à la machine du *Friedland*; 2° La chaudière exposée sous le nom de M. Claparede; 3° La chaudière *Belleville*; 4° Détails d'appareils.

La chaudière d'Indret ne présente, par elle-même, aucune particularité; elle est semblable à celles employées par la marine impériale, et diffère peu de celles employées généralement pour tous les bateaux de mer.

Elle est munie de sécheurs surchauffeurs à lames. Deux des chaudières sont munies d'appareils propres à compléter la combustion de la fumée. L'un de ces appareils dû à M. Thierry, et le plus connu, consiste en un tube méplat placé dans le foyer derrière la porte de chargement. Ce tube, percé de trous divergents, lance de la vapeur légèrement surchauffée sur toute l'étendue de la grille. Il produit ainsi des remous dans la masse gazeuse favorables à la combustion ; en outre, il favorise le tirage par suite de l'entraînement mécanique des gaz par la vapeur. En pratique, ces appareils donnent, dit-on, une augmentation de vaporisation, et permettent de diminuer la longueur des grilles. M. Thierry assure encore obtenir une économie importante dans la consommation du combustible.

Le second appareil, dont M. Pérignon ne connaît pas l'auteur, lui semble dans de meilleures conditions théoriques.

Un tube percé de trous est placé de chaque côté de la grille et dans toute sa longueur, à environ 20 centimètres au-dessus de sa surface; il se recourbe vers la porte du foyer et vient déboucher dans le cendrier. Un jet de vapeur arrive dans l'orifice du tuyau, entraîne de l'air qui se surchauffe dans le tube, et vient ensuite passer par les petits trous pour brûler les gaz. Pratiquement ce moyen de rendre la combustion complète ne donne pas autant de tirage que les jets de vapeur de M. Thierry, car ces derniers arrivent dans la direction du courant de gaz et augmentent sa vitesse, tandis que l'autre envoyant l'air comburateur perpendiculairement à cette direction, ne doit rien produire comme augmentation de tirage. M. Pérignon croit qu'il deviendrait parfait en disposant les jets d'air suivant une direction parallèle à la longueur du foyer. Dans l'appareil qu'il a vu fonctionner à l'Exposition, les petits

tuyaux qui amènent la vapeur aux souffleurs sont mal placés, ils seraient vite brisés par les coups de ringards; ce détail est très-facile à modifier.

MM. Claparède exposent une chaudière d'un système dont je me suis occupé avec MM. Thomas et Laurens; cette chaudière est complétement cylindrique, à foyer amovible et à dilatation libre : énoncer ces deux propriétés, c'est faire l'éloge de cet appareil. Les foyers sont renfermés dans des tubes cylindriques comme l'enveloppe de la chaudière, la fumée se rend dans une boîte à feu et revient par les tubes dans une boîte à fumée. Grâce à l'habileté des ouvriers de MM. Claparède, qui ont parfaitement exécuté des emboutissages difficiles, la fumée passe à travers le dôme de prise de vapeur qui est surmonté par la cheminée. Cette disposition est générale dans les chaudières de bateau, mais on sera obligé de l'abandonner, si, comme tout le fait supposer, on augmente encore la pression de régime des chaudières marines.

Aux températures correspondant aux pressions élevées et, sous leur influence, les tôles des calottes plongées dans la vapeur, s'altèrent rapidement. L'emploi des condenseurs à surface conduira sans doute à pouvoir profiter des avantages économiques réalisables avec les fortes pressions, et alors les chaudières cylindriques à foyer amovible et à libre dilatation deviendront les plus employées, et, croit M. Pérignon, seront les meilleures.

La chaudière *Belleville* consiste en plusieurs rangées de tubes en fer superposés. Chaque tube est réuni avec son voisin par une tubulure dans laquelle il est vissé. Les premières rangées au-dessus de la grille sont remplies d'eau, et les rangées suivantes perfectionnent la vapeur, la surchauffent même. MM. Belleville ont construit pour la marine impériale un certain nombre d'appareils. Les canots munis de cette chaudière ont donné d'excellents résultats, et deux grands appareils pour des avisos ont accompli leur temps de service réglementaire de six années avec assez de succès pour que de nouvelles commandes aient été adressés à ce constructeur. Un des principaux avantages de cet appareil, surtout pour un navire de guerre, est de pouvoir être mis en vapeur en un quart d'heure. Un de ses principaux inconvénients est de ne pouvoir absolument pas marcher à l'eau de mer, et d'exiger des caisses à eau ou des condenseurs à surface. Ces derniers ne sont pas encore entrés définitivement dans la pratique, surtout en France; de plus on n'a pas la possibilité de recourir à la condensation par injection, s'ils viennent à ne pas fonctionner.

Comme détails de chaudière, M. Langlois, maître principal des constructions navales, expose un foyer muni de tubes mobiles. M. Langlois soude son tube sur une virole en bronze. Cette virole est ensuite filetée et vissée dans la plaque à tubes d'avant de la chaudière. L'extrémité du tube opposée est envirolée dans la boîte à fumée par les moyens ordinaires. Le seul avantage qui ressorte de cette disposition, suivant M. Pérignon, est que la partie filetée dans la plaque à tubes d'avant, étant d'un plus grand diamètre que le diamètre extérieur du tube, on peut le sortir facilement malgré les dépôts qui recouvrent sa surface. Le principal inconvénient vient de l'affaiblissement notable de la plaque à tubes, car on réduit à 40 ou 45 millimètres l'épaisseur du fer entre les tubes. En outre, il faut toujours abîmer l'extrémité du tube qui est envirollée, lorsqu'on veut le démonter.

M. Cherade a placé à bord du *Coetlogon* des tubes mobiles au moyen des rondelles en plomb qui semblent à M. Pérignon bien préférables, si, comme l'assure son inventeur, ce métal résiste bien. Il emploie une bague en plomb qui entre dans une légère fraisure faite à la plaque, de manière à pouvoir conserver quelques millimètres de plomb autour du tube; on mate tout autour du tube, et, grâce à la conductibilité du métal,

le plomb ne fond pas malgré la haute température des gaz. Entre autres avantages' ce mode permet d'employer des tubes d'une longueur quelconque, il rend la réparation facile par les moyens du bord si un tube vient à fuir, et laisse le tube libre de se dilater.

Un Anglais, M. Dunns, expose dans la section anglaise un dessin lavé de chaudière à grande échelle. L'appareil tubulaire, au lieu d'être en dessus du foyer, se trouve au dessous. L'inventeur donne pour motif à cette disposition que si l'eau vient envahir le navire par suite d'accident ou de mauvais temps, elle n'éteint pas les feux aussitôt que s'ils se trouvaient à la hauteur habituelle. Le parquet de chauffe étant plus élevé, il fait moins chaud dans les chaufferies; les gaz étant renversés à leur sortie du foyer, la combustion doit être complète, la température du foyer plus élevée, et la consommation de charbon diminuée. M. Dunns donne aux ciels de ses foyers une forme ondulée pour augmenter la surface directe. On peut objecter à M. Dunns que si les foyers ne sont pas envahis par l'eau, les carneaux le seront certainement, et par suite les feux éteints. Enfin, la température élevée que prendront les carneaux enfermés sous les parquets, les fera s'oxyder rapidement sous l'influence de l'humidité de la cale.

M. le Président dit qu'on pourrait trouver des modèles de chaudières nouvelles dans les dessins fournis par Randolph et Elver.

M. Pérignon répond que l'économie de leurs appareils provient de la machine, plutôt que la chaudière.

M. le Président insiste sur l'élévation de la pression dans les appareils de ces constructeurs qui ont des condenseurs à surface et sont à détente prolongée par expansion dans un ou deux cyilndres à enveloppe. Il ajoute que les chaudières marines actuelles ne conviennent pas pour l'emploi d'une pression élevée. Que dans la Compagnie transatlantique le condenseur à surface continue à donner d'excellents résultats. Le fait de la destruction des chaudières prédit par Murray ne se réalise en aucune façon.

M. Thomas donne quelques explications au sujet de l'usage, pour les machines marines, des chaudières à foyer amovible, systeme à l'étude duquel a coopéré M. Pérignon, et qu'il a appliqué à son remarquable bateau de plaisance. Quoique fort répandu dans l'industrie, on lui fit cette objection, quand MM. Laurens et Thomas le proposèrent pour la navigation maritime, qu'il résulterait de graves inconvénients de la cristallisation possible du sel dans le joint qui réunit chaque foyer au corps de la chaudière. Une expérience assez prolongée a démontré que cette objection n'était pas fondée et que le joint n'éprouvait aucune fuite avec l'eau de mer, qu'il était aussi étanche qu'avec l'eau douce, quelle que fut la pression.

La faculté de démonter les foyers, en défaisant un joint unique, permet d'entretenir facilement les surfaces chauffées dans un état constant de propreté, ce qui est très-important avec les condenseurs ordinaires, et l'est encore avec les condenseurs à surface; car, même avec ces derniers, il se forme toujours des dépôts.

La vaporisation des chaudières actuelles de la marine est d'environ 6 kilog. à 6 1/2 kilog., quand elles sont neuves; puis elle s'abaisse à 4 1/2 kilg. et même au-dessous, à mesure que leur surface de chauffe se recouvre de dépôts pouvant être complétement enlevés dès qu'ils atteignent une certaine épaisseur; la vaporisation est ramenée à son maximum quand on le veut et la consommation moyenne se trouve aussi beaucoup diminuée.

La dilatation de toutes les surfaces chauffées étant complètement libre, ces générateurs ne sont point fatigués par des dilatations inégales; c'est là une cause de conservation. Aujourd'hui les chaudières marines, ne durent guère que quatre ans, en fonctionnant seulement le quart de ce temps. On peut admettre que leur service serait beaucoup prolongé avec le système des foyers amovibles à un seul joint.

M. le Président fait observer que les chaudières marines durent plus de quatre années, mais que leur fonctionnement ne dépasse guère 200 jours par an. L'emploi du condenseur à surface augmentera la durée des chaudières marines dans une très large proportion.

M. Thomas répond qu'à l'appui de ce qu'il a avancé, il pourrait citer un certain nombre de locomobiles à foyer amovible, qui fonctionnent presque continuellement depuis dix ans; parmi elles il en est d'appliquées au lavage sur place des minerais, en employant les plus mauvaises eaux.

Quant aux pressions élevées que M. le Président considère avec raison comme difficiles à obtenir avec les chaudières marines tubulaires actuelles, ils les réalisent sans inconvénient, jusqu'à 5 1/2 atmosphères avec l'eau de mer et 8 atmosphères avec l'eau douce; il a suffi pour cela de donner aux foyers la forme circulaire, au lieu de la forme rectangulaire des foyers usités sur les bateaux. Cette forme circulaire réduit, il est vrai, la surface de chauffe directe; mais au point de vue théorique, aussi bien qu'au point de vue pratique, la vaporisation n'est pas sensiblement diminuée, parce que tout le rayonnement continue à être reçu par les parois qui entourent le feu, quelle que soit la forme de ces parois. L'expérience montre que la combustion s'effectue très-bien dans des foyers circulaires qui n'offrent pas de vastes espaces à la flamme en dessus de la grille et que même il s'y forme moins de fumée.

M. Ribail prétend que la vaporisation n'est pas indépendante de la hauteur du foyer, et il cite ce qui se passe dans les locomotives à l'appui de son opinion.

M. Thomas fait observer que dans les locomotives aucune active circulation d'eau ne s'établit autour des parois du foyer et que si ces parois ne présentaient pas une certaine surface, la couche de vapeur serait par trop forte; cette vapeur intercepterait la transmission de la chaleur rayonnée. Dans les chaudières de bateaux, notamment dans celle du nouveau système, une circulation d'eau assez rapide se produit autour de chaque foyer et chasse la vapeur en absorbant continuellement la chaleur transmise aux parois; de telle sorte qu'à surface égale ces parois peuvent transmettre sans inconvénient une bien plus grande quantité de calorique.

M. Thomas termine en signalant l'avantage qu'il y aurait à pouvoir munir chaque bateau d'un ou de plusieurs foyers de rechange et il ajoute que la dénomination de foyer amovible ne devrait s'appliquer qu'à des générateurs dont les foyers, à dilatation complétement libre, peuvent s'enlever facilement pour être nettoyés à fond, ou pour être remplacés en très peu de temps, en cas d'avarie par un foyer de rechange.

M. le Président fait remarquer que depuis quelque temps on se préoccupe de constituer les chaudières de bateau de manière à prolonger leur durée au moyen de pièces de rechange, et croit que c'est une bonne tendance.

Le Président appelle l'attention des ingénieurs sur les faits suivants, observés à l'Exposition universelle.

Les plaques de blindage exposées qui proviennent des ateliers français et anglais, sont toutes fabriquées au laminoir au moyen de massiaux superposés ou même de

faisceaux de barres méplates. Quelques-unes ont reçu, avant le laminage, l'action du marteau. De plus, toutes celles dont les tranches sont coupées et polies semblent former une masse homogène complétement soudée. Cependant celles qui ont été traversées en tout ou en partie par le projectile présentent, dans la rupture, les mises superposées sans apparence de soudure, comme des feuilles de tôle, ou des feuilles de papier à peine adhérentes entre elles. La seule plaque cassée par le marteau offre l'apparence très-caractérisée des mêmes mises. Le phénomène est si général et si évident, qu'on peut affirmer que, dans ces fabrications, l'action du laminoir, même précédée de celle du marteau, ne suffit pas à souder le fer.

Il n'est pas douteux qu'il n'en soit de même pour les arbres forgés des grosses machines marines. Tous ceux, sans exception, qui sont exposés et qui ont été tournés et polis offrent, par des cendrures, l'indication des mises. Ces cendrures n'indiquent pas autre chose que l'absence de soudure. Des matières scoriacées sont interposées, elles ont été rendues liquides ou pâteuses par la chaleur, et quelque énergique qu'ait pu être la pression du laminoir ou du marteau, elles n'ont pas été expulsées. Elles ne le sont jamais absolument. Des expériences ont été faites par MM. Noisette et Flachat, sur des fers ou bois de première qualité, mis en faisceau, martelés et laminés, puis reforgés de nouveau au marteau, jamais la trace de superposition des mises n'a disparu. Il est vrai que les mises ne sont pas séparées, à la rupture, comme les plaques de blindage. Il y a donc pour ces plaques dans les effets d'un choc fomidable, un trouble, une désorganisation irrésistible qui enlèvent, entre chaque mise, toute trace d'adhésion, mais enfin l'adhésion préexistait à un certain degré.

Ces traces des mises sont d'autant plus fortes, que le fer ainsi superposé est meilleur et résiste mieux, sans couler, aux hautes températures.

Voilà donc un fait de la plus haute importance, que l'Exposition met en lumière.

Si maintenant on examine les plaques de blindage, ou les arbres, ou les canons obtenus sur un seul bloc provenant de fonte au creuset ou dans l'appareil Bessemer, on trouve la pâte du fer ou de l'acier compacte, homogène, sans traces de scories. Cette observation n'est pas nouvelle, mais rapprochée de la précédente, elle prend une importance capitale. La fusion semble une préparation nécessaire du fer pour assurer l'homogénéité de la masse, le martelage ou le laminage ajoutent au lingot fondu des qualités qu'il n'aurait pas. Ils accroissent sans doute sa densité, disposent les molécules d'une façon qui les rend plus solidaires, car il est certain que l'acier et le fer sont plus résistants quand ils ont été forgés ou laminés, qu'après la fusion seulement.

La construction des grandes machines marines est littéralement arrêtée par la difficulté de fabriquer des arbres résistants. Ces arbres ne supportent pas sans indice d'altération un parcours de 30 à 50,000 kilomètres, cependant leur travail n'est jamais supérieur au maximum de la pression sur les deux pistons à la fois, et ils sont construits pour y résister sans atteindre les limites de l'élasticité. Les traces d'altération commencent toujours par se montrer symétriquement suivant les mises.

Ce qui ferait supposer cependant que, sous un choc très-énergique, la soudure peut se produire entre les mises, ce sont les nombreux exemples de parfaite combinaison des fers soudés dans les forges maréchales; c'est aussi ce fait que, dans les gros arbres, c'est aux tourillons, à l'endroit où le fer a été profondément entamé et où le choc du marteau n'a pas suffisamment pénétré que les traces de séparation

se montrent. Mais les faits qui précèdent permettent de douter que les meilleures soudures soient parfaites.

Si ce doute était fondé, les procédés de fabrication du fer par le corroyage prendraient le second rang, et la fusion préalable prendrait le premier rang; le four à puddler n'étant susceptible que de températures trop basses, ne pourrait produire du fer épuré, et l'appareil Bessemer ne pouvant traiter que des fontes spéciales, il y aurait lieu de demander à la physique et à la minéralogie des moyens plus étendus d'obtenir le fer fondu et épuré par de hautes températures et par des réactifs convenables. Il est présumable que les procédés employés par M. Tresca, pour l'écoulement des métaux à basse température, ajouteraient aux notions que fournissent les faits qui précèdent sur le degré d'homogénéité de fragments de fer formés par mises superposées et soudées sous le marteau ou le laminoir, ou du fer fondu et forgé par les mêmes engins.

M. le Président signale également à l'attention des découpures faites au moyen de la scie à ruban de Perin, dans des blocs de fer. Ces curieux spécimens sont exposés dans l'annexe de l'artillerie anglaise, sous forme de lettres découpées, et d'un bloc de plus d'un décimètre d'épaisseur, ou une spirale est enlevée. La scie qui a servi à ces découpures est exposée, et une instruction indique les vitesses convenables pour éviter l'échauffement. C'est dans l'atelier d'artillerie et des transports (Carrying department) que cette application du découpage du fer par la scie à ruban semble avoir reçu l'application la plus étendue.

M. le Président a visité les quatre établissements de ventilation de MM. de Mondesir et Lehaître. Trois d'entre eux fonctionnaient. Deux sont établis par M. Farcot, un troisième par M. Gargan. Ces trois installations sont très-remarquables. Les résultats sont d'ailleurs sensibles partout où la ventilation peut être opérée régulièrement, mais les réservoirs d'aspiration ont été, sur plusieurs points, infectés par les ouvertures pratiquées par les restaurants, pour créer des courants d'air dans les cuisines du sous-sol, et cela nécessite des modifications aux premières dispositions.

Un fait intéressant se produit dans l'emploi des ventilateurs du premier centre, établi par M. Farcot, dans la section prussienne; l'air passe d'un ventilateur dans un autre et la pression s'élève, du premier au second, du simple au double. Ils sont cependant du même diamètre et animés de la même vitesse. Il n'y a entre l'un et l'autre qu'une différence de densité de l'air. Il sera facile de déterminer expérimentalement la graduation des effets, quatre ventilateurs semblables pouvant, dans cette installation, être mis en relation immédiate. L'intention de MM. de Mondesir et Lehaître est de procéder à des expériences dans ce but avec le concours de M. Tresca.

Séance du 7 Juin 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 17 mai est lu et adopté.

M. le Président annonce qu'il a reçu une adresse de M. Le Feuvre, *Président de la Société des ingénieurs de Londres*. M. Le Feuvre ayant été invité à la soirée donnée au Conservatoire des arts et métiers, il vient de venir s'excuser de ne pouvoir assister à notre séance d'aujourd'hui.

M. le Président pense qu'en raison de l'absence de M. Le Feuvre, il est convenable de remettre la lecture de cette adresse à la séance de vendredi prochain. Il consulte l'assemblée, qui approuve cette proposition.

M. le Président annonce qu'il a reçu diverses demandes tendant à maintenir à l'ordre du jour, la discussion sur les chaudières à vapeur.

M. Maldant dit que, bien qu'il ne soit pas du nombre des membres de la Société qui se sont adressés à M. le Président pour le maintien de cette question à l'ordre du jour, il s'associe à la pensée qui a dicté ces demandes. Il croit que les théories émises dans la dernière séance, sur l'utilisation complète du *calorique rayonnant* dans les foyers présentant au-dessus de la grille la forme d'un demi-cylindre, sont plus que contestables.

M. Maldant ajoute qu'il a regretté que l'heure avancée à laquelle cette théorie s'est produite dans la dernière séance ait dû la laisser alors sans réponse ; pour sa part, il la repousse de la manière la plus complète, et il est prêt à expliquer sur quelles raisons il fonde son opinion à ce sujet.

Plusieurs membres font observer que M. Thomas étant absent la discussion serait plus opportune dans une autre séance.

M. le Président propose donc de renvoyer la discussion à la prochaine séance et d'en informer M. Thomas afin qu'il puisse prendre part à cette discussion.

La parole est donnée à M. Pérignon pour continuer sa communication sur les machines marines de l'Exposition.

M. Pérignon expose qu'à l'exposition de Londres, un fait important ressortait déjà de l'étude de ces moteurs. On recherchait les meilleures conditions d'utilisation du travail mécanique de la vapeur. Nous retrouvons en 1867 la même tendance chez tous nos constructeurs. Parmi les moyens employés en Angleterre pour réaliser cette meilleure utilisation, les condenseurs à surface étaient un des plus importants et des plus généralement suivis.

En France, ce mode de condensation n'a pas encore été admis complétement, et si l'on a, comme en Angleterre, essayé de faire des machines plus parfaites, c'est par l'emploi d'enveloppes de vapeur, jointes à une détente plus prolongée, qu'on a pensé

les obtenir. Dans la marine impériale surtout, on a adopté un type de machines à trois cylindres que construisent avec quelques modifications de détail les quatre grands ateliers qui la fournissent. Nous devons, au nom du public, remercier M. Du Puy de Lôme, dont l'intelligente initiative a décidé la marine impériale à mettre en mouvement un de ces types, la belle machine d'Indret. La foule des visiteurs, leur empressement, leur admiration, prouvent que le goût des constructions mécaniques et navales se répand tous les jours en France, et que si nos progrès ont été lents autrefois, ils sont et seront à l'avenir des plus rapides.

Les caractères de la machine d'Indret sont ceux de toutes les machines françaises à trois cylindres. La vapeur arrive dans le cylindre milieu en faisant le tour des cylindres extrêmes. Elle est distribuée par les extrémités d'un tiroir en D couché qui avance par son milieu dans les boîtes à vapeur des cylindres extrêmes. Les tiroirs extrêmes la laissent échapper par leurs extrémités aux deux condenseurs placés à l'avant et à l'arrière en dehors de la machine. Cette disposition a été adoptée pour laisser complétement dégagés les mécanismes des glissières et têtes de bielle ; malheureusement on a cru indispensable de réunir les condenseurs par des entretoises, tirants, arcades, qui font perdre une partie des avantages désirés. La plaque de fondation qui est très-solide, permettait sans doute de se passer de ces moyens de consolidation. Dans les modèles exposés par l'Angleterre il y a une machine dont les condenseurs sont plus écartés encore que ceux d'Indret, et qui ne sont aucunement reliés ensemble par leur sommet. Le mouvement des pistons de la machine qui nous occupe se communique à l'arbre par l'intermédiaire de deux tiges placées obliquement, et de bielles en retour. Les manivelles sont calées à 120°. On a objecté que la pression de la vapeur devait être très-irrégulière dans les boîtes à vapeur des cylindres de détente, car elle n'arrivait pas comme dans la véritable machine de Woolf de la fin d'une cylindrée au commencement d'une autre ; l'expérience a prouvé qu'il n'en était rien, que la pression se maintenait pratiquement régulière et que même des machines à deux cylindres seulement, pouvaient fonctionner avec leurs manivelles à 90°, dans de bonnes conditions de régularité.

Le machine d'Indret met en mouvement un arbre de transmission en deux parties réunies par des articulations. La première de ces articulations est à la Cardan, et a eu sa solidité contestée. M. Pérignon ne partage pas cette opinion : le rayon, à l'extrémité duquel agissent les montants de ce joint, est assez grand, pour que les efforts en soient sensiblement diminués. La plus grave objection à lui faire vient du claquement qu'il produira aussitôt que les pièces auront pris un peu d'usure, et que les circonstances de mer ou de marche à faible vitesse causeront des irrégularités notables dans le travail des pistons ou de l'hélice.

La ligne d'arbre dont nous parlons est munie de débrayages, de vireurs comme d'usage ; l'hélice qui est clavetée à son extrémité est à quatre ailes rapportées sur un noyau central. L'inclinaison de ces ailes est fixe, et diffère de la disposition adoptée en Angleterre par l'Amirauté. Les ailes des hélices anglaises se terminent comme celles d'Indret par un disque circulaire qui vient se loger dans une cavité ménagée au moyeu. Mais l'hélice française est clavetée à demeure, tandis que celles de nos voisins ont leur disque réuni au moyeu par des boulons. Les trous de ces boulons sont oblongs et permettent un petit mouvement qui modifie au besoin l'inclinaison de l'aile, lorsque l'on veut chercher sa position la plus favorable.

La machine d'Indret est exécutée avec beaucoup de soin et les détails en sont bien étudiés, le graissage surtout est très-complet : elle est destinée au vaisseau *le Fried-*

land. Des dessins lavés à l'effet montrent l'installation générale de ce vaisseau, et en font comprendre les détails, même à ceux qui ne sont pas initiés au dessin géométrique.

Les Forges et chantiers de l'Océan, anciens ateliers *Mazeline*, du Havre, exposent une machine de 450 chevaux nominaux pouvant en développer 1,800. Le type de cette machine existe depuis longtemps chez MM. Mazeline, et a subi diverses transformations qu'il est intéressant d'indiquer. MM. Mazeline firent d'abord les machines de la *Pomonie* munies de bielles en retour. On construisit ensuite chez eux des machines à deux ou à quatre cylindres (*Duquesne* et *Tourville*) dans lesquelles les cylindres et les condenseurs se trouvaient juxtaposés. Cette disposition avait l'inconvénient grave de refroidir le cylindre par le voisinage du condenseur ; en outre, le cylindre avant conduisant la pompe à air du cylindre arrière et réciproquement, si une avarie survenait à l'un des mécanismes, le second se trouvait paralysé, et on perdait l'avantage de pouvoir fonctionner avec un seul cylindre. Cette disposition fut donc abandonnée, les cylindres furent remis du même bord et les condenseurs du côté opposé. Ainsi modifiée, cette disposition est encore employée aujourd'hui. Lorsque l'importance des machines économiques commença à être reconnue, MM. Mazeline firent étudier une machine à cylindres multiples qui fut placée sur le *Loiret*. C'est la première machine de ce genre qui ait été construite en France. A cette époque on n'admettait pas que la vapeur pût s'échapper directement d'un cylindre dans un autre dont la marche ne fût pas exactement semblable ou opposée, sans qu'il en résultàt des variations de pressions très-nuisibles. On installa donc derrière les cylindres un grand réservoir en tôle dans lequel s'échappait la vapeur du premier cylindre. Des tuyaux conduisaient la vapeur de ce réservoir aux cylindres de détente. Afin d'éviter son refroidissement dans le réservoir, on l'y réchauffait au moyen de faisceaux de tubes dans lesquels passait de la vapeur prise à la chaudière.

On a reconnu depuis que l'on pouvait, sans inconvénient, faire échapper directement la vapeur d'un cylindre dans un autre quoique les manivelles de ces cylindres fussent callées à 120° et même a 90° comme dans les machines de M. Benjamin Normand.

Sur le yacht du prince Jérôme on a supprimé le réservoir intermédiaire, on a obtenu à l'indicateur une augmentation de puissance de 200 chevaux. Ce résultat s'explique si l'on veut observer que l'on ne peut modifier impunément le volume occupé par la vapeur. Chaque changement de volume entraîne une perte de travail, une condensation correspondante au travail perdu, que le réchauffage ne peut restituer. Lorsque la vapeur s'échappe directement d'un cylindre dans l'autre, les changements de volume se trouvent diminués et l'effet utile augmenté; on n'arrivera néanmoins à la perfection que lorsque les deux pistons auront des mouvements opposés et que la vapeur pourra passer par un conduit très-court et rectiligne d'un cylindre dans l'autre.

La machine à trois cylindres exposée par MM. Mazeline résume les perfectionnements apportés jusqu'à présent à leurs constructions. La vapeur circule seulement dans les enveloppes des cylindres de détente, et à mon grand regret ne passe pas autour du cylindre milieu. M. Cody, l'habile ingénieur de MM. Mazeline, qui a créé les différents types dont nous avons parlé, pense que la vapeur agissant à pleine pression dans ce cylindre, les variations de température y sont trop faibles pour motiver une enveloppe. Je ne partage pas son avis, car lorsque l'on fait de grands sacrifices de simplicité pour atteindre l'économie, l'addition d'une troisième enveloppe,

là où il y en a déjà deux, est trop simple pour ne pas faire rechercher le léger bénéfice qu'elle peut procurer.

En sortant des enveloppes extrêmes la vapeur passe dans la boîte à vapeur milieu au moyen de tubulures avec dilatation libre. Les tiroirs qui la distribuent sont d'un modèle spécial à l'usine Mazeline. Au lieu de glisser entre la glace du cylindre et des garnitures en chanvre qui assurent son étanchéité, le tiroir glisse entre la glace et une autre surface plane mobile dans un presse-étoupe. Quatre vis placées à la main du mécanicien appuient sur la garniture et font appliquer exactement la contre-glace sur le dos du tiroir.

Cette disposition présente le grand avantage de faire frotter ensemble des surfaces métalliques qui ont une résistance constante et modifiable à la volonté du mécanicien, de pouvoir se soulager au moment de la mise en marche, et d'éviter ainsi les ruptures d'organes produites par les garnitures ordinaires, lorsqu'elles sont neuves et très-serrées, ou que les tresses se sont durcies après un repos de quelques jours. Les tiroirs introduisent la vapeur par leurs extrémités et échappent par le dos qui est percé. Ils sont mus par un arbre spécial commandé par une paire d'engrenages. Dans la roue d'engrenage supérieure se trouve le changement de marche inventé par M. Cody, et adopté par les autres ateliers. Quoiqu'il soit difficile de comprendre cet appareil sans dessins ou même sans un modèle, je vais tâcher d'en donner une idée générale.

L'arbre de distribution porte une manivelle munie d'un bouton ou toc qui vient se loger dans une fente circulaire venue de fonte avec la roue d'engrenage supérieure. Cette roue est folle sur l'arbre de distribution, et ne l'entraîne que par l'intermédiaire de la manivelle et de son bouton, qui vient butter aux deux extrémités du secteur évidé dans la roue. Selon que le bouton est placé à une extrémité ou à l'autre du secteur, l'angle des manivelles qui commandent les tiroirs se trouve disposé pour la marche en avant ou en arrière. Au moyen d'un volant qui est fou sur l'arbre de distribution et d'une série de roues d'engrenages, on obtient le déplacement de la manivelle conductrice. Lorsque la machine marche de l'avant et que l'on arrête le mouvement du volant au moyen du frottement des mains sur la jante, les engrenages déplacent la manivelle conductrice, augmentent progressivement son angle de calage jusqu'au moment où la manivelle venant butter du côté opposé du secteur qui détermine l'angle convenable à la marche arrière, la machine change de direction. Le poids des pièces en mouvement et la vitesse du bateau suffisent généralement pour faire dépasser le point mort : dans le cas contraire, la machine venant à stopper complétement, on tourne le volant à bras dans le sens nécessaire à la direction que l'on veut obtenir. Pour les grands appareils on procède presque toujours de cette manière afin d'éviter le renversement trop brusque du mouvement.

M. Pérignon répète que ce système breveté par MM. Mazeline est employé par les autres ateliers, fournisseurs de la marine impériale, mais ils ne l'ont pas autant perfectionné. Ainsi certaines parties des engrenages qui reçoivent des chocs doivent être en fer forgé. Le volant de changement de marche qui ne doit pas avoir de puissance vive, est fait avec une jante creusée sur le tour et remplie de bois. Les nombreux engrenages employés dans cet appareil produisaient un ferraillement désagréable pendant la marche ; on a réussi à l'éviter par le moyen d'un petit volant qui serre les dentures les unes contre les autres et les empêche de ballotter.

Les condenseurs sont aux deux extrémités de la machine, mais au-dessus des glissières. La position élevée de ces organes est favorable, en ce qu'elle diminue la hau-

teur à laquelle il faut élever l'eau de condensation, lorsque les machines sont placées très-bas au-dessous de la flottaison.

Les injections se font par une ouverture horizontale d'orifice variable qui répand dans le condenseur une nappe d'eau que la vapeur est obligée de traverser pour se rendre aux pompes à air. Il est important que l'orifice d'injection se trouve en même temps la valve régulatrice, afin que l'eau jaillisse toujours avec force dans le condenseur. Il n'y a pas de corps de pompe à air. Les pompes consistent en deux capacités séparées par une cloison qu'un énorme plongeur traverse dans un presse-étoupes. On évite ainsi les chocs que l'eau produit dans les corps de pompe ordinaires lorsqu'elle vient s'y précipiter avec une vitesse considérable. (Cette disposition est adoptée pour toutes les puissantes machines exposées.) Les plongeurs agissent dans une vaste chambre qui donne de grandes facilités pour la visite des clapets, mais doit nuire à la perfection du vide. La pompe à air est, dans la machine qui nous occupe, placée aussi bas que possible par rapport au condenseur, mais elle n'est pas complétement au-dessous de cet organe. Il serait pourtant à désirer que l'eau de condensation pût s'écouler par son propre poids dans la pompe, que la pression de l'eau maintenant le clapet ouvert malgré son élasticité, le vide pût se perfectionner aux derniers moments de la course, et qu'il fût augmenté en raison de la hauteur de chute de l'eau tombant du condenseur dans la pompe. On pourrait alors donner sans inconvénient un grand volume aux espaces dits nuisibles, car l'eau remplirait toujours le fond de cette capacité, l'air la partie supérieure, de manière à être refoulé le premier à travers les clapets d'évacuation. Par suite de cette disposition les clapets auraient des mouvements plus doux. A l'aspiration ils ouvriraient sous le poids de l'eau du condenseur et non sous l'aspiration brutale produite par le piston ; au refoulement, l'air les ouvrirait avant l'eau et sans choc. En second lieu les espaces morts de la pompe se trouvant complétement remplis d'eau à la fin de chaque coup, le vide se ferait dans la pompe aussitôt son changement de mouvement, grâce à l'indilatabilité de l'eau : on aurait meilleure utilisation et possibilité de réduire son travail et ses dimensions.

Ces principes sont connus des ingénieurs éminents qui dirigent les ateliers Mazeline : ils ont déjà résolu tant de difficultés, qu'on peut leur demander si la solution de cette question ne serait pas intéressante. Comme ensemble, la machine de cet atelier est, sans contredit, la mieux étudiée. Les lignes en sont correctes et plaisent par leur simplicité. 118 machines sont sorties des ateliers Mazeline, maintenant Forges et chantiers de l'Océan. Parmi les machines à trois cylindres, quelques-unes ont été construites avec grande expansion dans chaque cylindre, d'autres sont du type de Woolf que nous avons décrit.

M. Pérignon emprunte aux mémoires des mécaniciens de la marine impériale quelques chiffres publiés par M. Merelle sur les résultats de la *Magnanime*.

Cette machine, construite par les Forges et chantiers de l'Océan, ateliers Mazeline, est de la force de 1,000 chevaux.

Diamètres des 3 cylindres	$2^m,10$
Course	$1^m,30$
Introduction de vapeur, cylindre du milieu, en moyenne	0,800
Introduction de vapeur cylindres extrêmes	0,750

(L'introduction de vapeur a été augmentée dans le cylindre milieu pendant le cours des expériences de recette).

L'appareil évaporatoire comporte 32 foyers, soit seulement 900 chevaux nominaux, et fonctionne de 135 à 140 cent. de mercure, soit 2 ath. 80.

La consommation s'est élevée par heure en route libre (le 19 avril 1866), en brûlant des briquettes d'Anzin :

2/10 d'ouverture des valves		Avec 10/10 d'ouverture des valves				
avec détendeur.	sans détendeur.		Charbon brûlé en 1 heure	Tours par 1 minute	Force développée sur les pistons	Charbon par cheval de 75 sur les pistons.
					chevaux.	
3456kgs pour 50 tours.	3270kgs pour 49 tours.	Sans détendeur.	4218kgs	54 1/2	3320	1kg27
		Avec détendeur.	4144	54	3315	1kg28

Les chaudières étaient munies de sécheurs à lames qui ont donné 173° à la vapeur à l'entrée des boîtes à tiroir. La pression y était au moins égale à celle de la chaudière au lieu d'être plus faible, ainsi que cela a lieu dans les chaudières sans surchauffeur.

Comme point de comparaison nous rapprocherons ces résultats économiques de ceux de la *Flandre* et de la *Provence*, qui ont des machines à deux cylindres de 1000 chevaux.

Noms des frégates.	Force nominale AD²C.N / 0.59	Vitesse en nœuds de 1852 mètr. par heure aux essais.	Puissance développée à l'indicateur sur les pistons en chevaux de 75 kilogr.	Consommation par cheval indiqué et par heure.	Coefficients probables de rendement des appareils.	Consommation par cheval sur l'arbre en nombres ronds.	Consommation dépassant celle de la *Magnanime*.
Magnanime.	1000	13",85	3320	1k.27	75 0/0	1.69	
Provence . .	1000	13",94	3500	1ko52	80 0/0	1.90	18 0/0
Flandre. . .	1000	14",02	3574	1ko65	80 0/0	2.06	23 0/0

Observation. — 75 p. 100 à cause des trois cylindres.

Il est juste d'ajouter que suivant les auteurs les plus autorisés qui ont écrit sur les machines marines, les extractions et l'entraînement de l'eau par suite du petit volume des chaudières correspondent à une perte de chaleur de 28 pour cent. Il faudrait donc multiplier les chiffres de consommation que nous venons de citer par 0,72 pour pouvoir les comparer à ceux obtenus à terre. Nous aurions alors des consommations variant de 1kg,25 à 1kg,50, qui se rapprochent beaucoup de celles obtenues par les bonnes machines employées dans l'industrie.

Le but qu'il s'agit de poursuivre est donc d'atténuer cette énorme perte de 30 pour cent par de bonnes dispositions, l'emploi des condenseurs à surface et de pressions plus élevées permettant de plus longues détentes. Quand on y sera parvenu, la puissance considérable employée pour mouvoir les navires, augmentera les rendements de leurs moteurs, et les conduira à égaler sinon à dépasser ceux de nos meilleures machines fixes.

Dans la prochaine séance M. Pérignon entretiendra la Société des machines du Creusot, des Forges et chantiers de la Méditerranée, de M. Fraissinet, de M. Claparède et des machines et modèles anglais.

Cette communication de M. Pérignon est suivie d'une discussion à laquelle prennent part plusieurs membres de la Société. On conteste l'exactitude de la consommation apparente de 1 kilog. 50 à 2 kilog. de charbon par cheval. Elle ferait supposer une production de vapeur de 7 à 9 kilog. par kilogramme de houille, tandis que tous les calculs basés sur le poids de vapeur sensible introduite dans les cylindres, ne donnent pas la moitié de cette quantité. On dit que le calcul de la production de vapeur par la vapeur sensible est susceptible d'autant d'exactitude que celui de la pression moyenne sur les pistons, c'est-à-dire de la puissance, puisque c'est à l'aide des diagrammes que l'un et l'autre sont déterminés; l'origine des deux calculs est commune. On ajoute qu'une très-grande incertitude règne encore sur les résultats et qu'on ne peut, en attendant, considérer comme inexacts les chiffres qui sont publiés dans les rapports sur les essais, tant ils sont distants des résultats obtenus en cours de service. Dans tous les cas, il n'y a pas de comparaison possible entre ces résultats et les essais aux freins sur les machines fixes.

MM. Planat et Vickers ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 14 Juin 1867.

Présidence de M. Love, *Vice-Président.*

Le procès-verbal de la séance du 24 mai est lu et adopté.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Despret, membre de la Société, ingénieur en chef, directeur des voies et travaux du Grand Central belge, au sujet de la communication faite, dans la séance du 17 mai, par M. Asselin, sur la comparaison des différentes matières lubréfiantes employées pour le graissage des engins mécaniques.

M. Despret cite les applications du graissage à l'eau qui ont été faites en Belgique, notamment au matériel roulant des chemins de fer du Grand Central : ces applications ont démontré que le graissage à l'eau fonctionne parfaitement bien, en ce qui concerne le jeu des appareils et la conservation des parties frottantes.

Il ne reste qu'une chose essentielle à déterminer, c'est l'influence de ce mode de graissage sur la résistance à la traction. Jusqu'à présent, il n'a pas été fait d'expériences sérieuses à ce sujet; le chemin de fer du Grand Central s'occupe en ce moment de la question, et pourra sans doute sous peu la résoudre.

Il est évident, comme l'a établi M. Asselin, que l'eau n'a pas la viscosité qui constitue une des conditions essentielles des matières lubréfiantes ordinairement employées; mais il est à remarquer que, par la manière dont fonctionne l'eau dans les appareils en Belgique, la viscosité n'est pas nécessaire. En effet, l'eau ne doit pas adhérer aux parties frottantes pour les couvrir d'une manière complète et empêcher les métaux d'être mis à nu; ces parties frottantes sont préalablement enduites d'un

corps gras, et l'eau vient tout simplement, par le jeu de l'appareil, s'interposer *d'une manière continue* entre ces parties ainsi enduites. L'eau ne joue donc pas ici le rôle d'une matière lubréfiante dans l'acception ordinaire du mot.

Ayant été appelé à faire les premières applications du graissage à l'eau, en 1864, au chemin de fer du Centre belge, et ayant suivi depuis les nouvelles applications qui ont été faites de ce système, M. Despret offre de donner à la Société des renseignements assez complets sur ces applications.

M. Despret demande également à rectifier un fait cité par M. Hamers, dans cette même séance, à l'appui du graissage à l'eau. « M. Hamers a dit qu'un industriel de « Bruxelles, M. Haeck, a pris l'année dernière divers brevets relatifs à ce graissage, « et que quelques usines du Brabant n'emploient pas d'autre système de graissage « que celui de M. Haeck. » M. Despret tient à constater que les appareils de graissage appliqués dans son pays ont été inventés par un ingénieur belge, M. Aerts. Ces appareils, brevetés depuis un grand nombre d'années, fonctionnent dans plusieurs usines, et ont été appliqués, ainsi qu'il l'a dit, au matériel roulant de divers chemins de fer. Quant aux appareils de M. Haeck, ils sont à l'essai sur une voiture du chemin de fer de l'État, et M. Despret n'a pas appris qu'ils aient reçu d'autres applications jusqu'à présent.

Il est donné lecture de l'adresse présentée par M. W.-H. Le Feuvre, président de la Société des Ingénieurs de Londres, à M. Eugène Flachat, président de notre Société, à l'occasion de leur visite à l'Exposition internationale, et de la réponse de M. Flachat (voir page 335).

M. le Président ne fait pas de doute que la Société ne s'associe cordialement aux sentiments exprimés par M. Flachat. Il est particulièrement heureux d'avoir à constater entre les ingénieurs des deux pays cet échange de rapports de bonne confraternité qui ne peut manquer de porter ses fruits. Il pense et espère que la Société partagera son avis, qu'il convient que de telles manifestations laissent des traces dans nos comptes rendus, et il propose, en conséquence, que l'adresse des ingénieurs de Londres et la réponse de M. E. Flachat soient imprimées *in extenso*. La Société consultée partage cet avis à l'unanimité.

M. Ch. Laurent donne ensuite communication de la description de son Trépan piocheur.

M. Laurent indique que le trépan piocheur a pour objet de creuser toute espèce de tranchée soit pour aplanissement de terrain, tels que les grands travaux que nous venons de voir exécuter au Trocadéro, l'agrandissement de certaines gares, soit pour la fondation d'édifices, l'encaissement des routes, égouts, canaux, chemin de fer, creusement de ports, élargissement ou approfondissement de rivières ou canaux. Il est destiné à désagréger une surface à une plus ou moins grande profondeur, à sec ou dans l'eau. Cette machine ne s'adresse qu'à des terrains divisables et non à des roches dures et compactes.

Elle peut fonctionner sur terre au moyen de châssis fixes, treuils ou grues roulantes à l'avant d'une locomotive, ou sur l'eau à l'aide de bateaux porteurs, chalands, navires, etc. Son fonctionnement peut être effectué à bras, par une machine à vapeur ou tout autre moteur, soit directement comme les marteaux pilons, soit indirectement comme les sonnettes à enfoncer les pieux, ou par un système de transmission tel que les trépans dans les sondages, ou bien encore à l'aide de cames, de bielles et manivelles comme les mortaiseuses, poinçonneuses, etc., etc.

Elle peut s'accoupler ou s'adjoindre aux dragues, elle peut fonctionner en s'avançant du sol vers l'eau ou de l'eau vers le sol, suivant qu'elle est installée sur le bateau ou sur le sol même. Elle peut au moyen de diverses dispositions de guides, imprimer aux trépans, pilons ou gouges, des mouvements variés propres à désagréger ou à abattre les terrains attaqués suivant leur nature.

La forme du taillant de l'outil peut et doit être modifiée dans le même but jusqu'au point de se transformer en une fourche à dents nombreuses, s'il s'agissait, par exemple, de désagréger une surface macadamisée. Si on l'employait à ce dernier usage elle trouverait sa place sur les rouleaux compresseurs que nous voyons fonctionner dans Paris, et elle remplacerait ces troupes nombreuses de piocheurs qui passent les nuits sur nos voies publiques.

Voici quelques-unes des dispositions que l'on peut, suivant les circonstances, employer à quelques travaux.

Si la machine doit être actionnée par un moteur à vapeur, sur un bâtis, châssis fixe roulant ou autre, est boulonné un cylindre à vapeur, alésé intérieurement pour recevoir un piston, et à sa partie inférieure des canaux de distribution pour l'introduction et l'échappement de la vapeur, avec une boîte de distribution. Le tiroir se manœuvre à la main à l'aide d'un levier comme dans les marteaux pilons.

La tige du piston traverse le presse-étoupe du couvercle pour venir se relier par une traverse supérieure à deux longrines verticales qui sont réunies à leur partie inférieure au-dessous du cylindre par des platines formant ainsi un long châssis pouvant se mouvoir verticalement, et qui à cet effet, est guidé par deux doubles paires de galets dont les axes sont supportés par des paliers venus de fonte avec le fond et le couvercle du cylindre. Les longrines sont pourvues de rainures longitudinales dans lesquelles pénètrent les galets afin d'assurer la rectitude du mouvement.

La limite de la course ascensionnelle du piston est obtenue naturellement par une sorte de matelas d'air qui s'introduit par des ouvertures ménagées près du couvercle pendant la descente du piston.

La course descendante est limitée par un ressort composé de disques en caoutchouc montés sur le couvercle et entourant la boîte du presse-étoupe.

Telles sont les dispositions du cylindre moteur, qui du reste ne diffèrent que par quelques détails de construction des pilons en usages, mais avec le châssis mobile déjà décrit il y a encore, et tout spécialement un système de crochets ou de verrou central à déclic automatique, qui, lorsque le piston est arrivé presque en haut de sa course, permet l'échappement du trépan : celui-ci tombe alors en frappant le sol qu'il découpe par tranches en fragments comme nous l'expliquerons bientôt en décrivant l'ensemble de l'appareil.

Le trépan dont la forme de la lame peut recevoir, ainsi que nous l'avons dit, toutes les modifications nécessaires n'est autre qu'une large et forte lame en fer aciéré (acier ordinaire ou Bessemer) au taillant et dont le milieu est percé d'ouvertures ou d'entailles angulaires destinées à recevoir le nez du verrou qui vient s'y introduire sous l'action d'un ressort.

Les plaques de blindages que nous voyons si multipliées à l'Exposition seraient employées utilement à la construction de ces lames.

Pour qu'il y ait déclanchement il faut que le verrou soit retiré en arrière ; alors le trépan tombe en glissant dans des rainures à grain d'orge pratiquées latéralement dans l'épaisseur des côtés internes du châssis.

Ce déplacement du verrou est effectué par un levier, muni d'un galet, lequel se

trouve écarté par l'action de tringles méplates qui forment comme une sorte de cadre en fer suspendu au cylindre et dont on peut régler très-exactement la position au moyen de vis de serrage.

Une échancrure ou retrait, suivant l'épaisseur de ce cadre, laisse revenir le levier en avant et, sous l'action d'un ressort, le verrou s'engage dans les entailles pour remonter le trépan après qu'il a produit son travail.

Nous nous proposons de construire un outil à chute libre.pour les sondages en adoptant cette disposition de verroux horizontaux, qui sous de fortes charges ont quelques avantages sur les crochets avec axe de rotation.

La machine peut être appliquée aussi sur un pont roulant.

Cette disposition comporte, comme la précédente, un cylindre à vapeur, sa tige, reliée à la traverse supérieure, le ressort de choc et les autres pièces du mécanisme que nous venons de décrire.

On remarquera que dans la combinaison générale de cette machine, il y a deux châssis : l'un d'eux porte le cylindre à vapeur, et l'autre sert à relier la tige du piston au trépan.

Le premier châssis est fixe par rapport au second, c'est-à-dire que ce dernier peut glisser verticalement dans ses coulisseaux non-seulement pour amener la chute du trépan par le retrait du verrou, mais encore que ce châssis peut être descendu plus ou moins profondément au fur et à mesure que l'on creuse la tranchée par couches successives.

C'est au moyen d'un arbre à manivelles muni de vis sans fin qui commandent les roues engrenant avec les crémaillères dont sont munies les côtés internes du châssis que celui-ci est amené à la profondeur voulue.

Tout l'ensemble du mécanisme percutant, son générateur de vapeur et même ses provisions d'eau et de charbon sont installés sur un petit charriot que l'on peut déplacer à l'aide de roues d'engrenages et d'un levier, de façon à lui faire occuper successivement tous les points d'action compris entre les deux membrures extrêmes du pont roulant, et lequel a pour but de permettre à tout le système de se transporter dans le sens perpendiculaire sur une longueur indéterminée.

A cet effet, ce pont roule sur une voie ferrée disposée parallèlement à la tranchée. Son déplacement, qui pour trancher ou abattre des blocs successifs doit avoir lieu par faibles distances correspondantes à chacune des couches transversales, se fait par une série d'engrenages agissant sur les galets de roulement qui reposent sur le chemin de fer.

On voit donc en résumé qu'avec un tel appareil il suffit pour effectuer une tranchée d'une largeur déterminée, d'installer sur le sol deux rails parallèles de chaque côté à l'écartement voulu, et le pont monté on obtient par son déplacement longitudinal en même temps que par le déplacement transversal du mécanisme, toutes facilités pour pratiquer l'excavation à la profondeur nécessaire.

Dans le cas de trop grande largeur on diviserait la distance en deux ou plusieurs chantiers laissant entre eux des pleins qui s'abattraient ensuite.

Il est bien entendu aussi que le pont pourrait porter un ou plusieurs appareils pour opérer simultanément.

Dans certains cas l'application de la machine sur grue roulante peut présenter quelques avantages au point de vue de l'emploi du service.

Dans cette dernière disposition le cylindre à vapeur est renversé, c'est-à-dire que la tige du piston sort du couvercle inférieur pour venir se rattacher à la traverse

guide, laquelle vient buter à la fin de la course sur deux fortes cales en bois fixées au châssis ; celui-ci est relié par des tirants en fer à un charriot.

Le châssis peut, comme dans l'appareil du pont roulant, glisser dans un second châssis, afin que le trépan puisse être descendu et travailler à une assez grande profondeur. On allonge, s'il est nécessaire, la tige du piston, lequel est ici directement relié à la boîte en fonte qui, munie des verrous, sert de guide et d'attache au trépan.

Dans cette disposition, le trépan n'est pas pourvu d'encoches pour y laisser pénétrer le verrou, mais il est muni d'une sorte de crémaillère double, logée dans la boîte en fonte, et, au lieu d'un seul verrou de retenue, il y en a deux maintenus en serrage par des ressorts méplats qui les tiennent fermés.

Les galets venant à rencontrer, lors de l'ascension du piston, la pièce du décliquetage fixée au châssis, les deux verrous s'écartent simultanément, et le trépan, abandonné à lui-même, glisse le long du châssis et tombe en frappant le sol, dans lequel il opère une tranchée.

Dans le cas d'approfondissement ou d'élargissement d'un canal, d'un port, d'une rivière, on disposerait la machine sur bateau; le bateau se tenant sur des points fixes, et avançant par déplacements successifs en décrivant des arcs de cercles concentriques, le cylindre à vapeur se trouve éloigné du châssis dans lequel glisse le deuxième châssis qui guide le trépan. Ces deux châssis sont montés le long d'une forte charpente verticale reliée par des tirants et des croisillons au bateau.

Il est bien entendu que si le bateau était trop léger pour résister aux mouvements de la machine, on le fixerait par des étais ou béquilles sur le fond, l'empêchant de donner du nez lors du mouvement de relevée de l'outil.

Le mouvement d'ascension du châssis est obtenu par l'intermédiaire d'un balancier et de tringles articulées reliées à la tige du piston. Il y a un ressort en caoutchouc pour amortir le choc.

Pour descendre le châssis intérieur au fur et à mesure que l'on approfondit le fond du canal, on a prévu un treuil sur lequel vient s'enrouler la chaîne de suspension.

Toutes les pièces de la charpente qui, pour plus de légèreté, est en bois renforcé par des fers d'angle, sont réunies par des boulons sans tenons ni mortaises, afin de se monter et démonter rapidement.

Les positions respectives du trépan et de ses chaînes à l'un des bouts du moteur, vers le milieu, et du générateur à l'extrémité opposée, offrent l'avantage d'équilibrer et de lester, pour ainsi dire, naturellement, la charge que le bateau est appelé à supporter.

On comprend l'avantage que présenterait une drague portant à son avant un système de cette nature, facilitant l'action de ses godets fixés à l'arrière, qui ne trouveraient plus à enlever qu'un terrain divisé, au lieu d'un terrain neuf.

Une disposition à peu près semblable peut s'adapter à une grue à vapeur, pivotante, montée sur rails, et se retirant en arrière parallèlement au rayon d'action.

RÉSUMÉ.

On doit maintenant comprendre, par ce qui précède, que cette machine à creuser les tranchées est susceptible de recevoir de nombreuses transformations, et que l'idée de diviser les terrains par le choc d'un lourd trépan peut être susceptible de nom-

breuses applications. Les effets que nous avons obtenus en sondages, dès que le poids de nos trépans est devenu assez considérable, sont tels que nous avons la conviction que ce même choc produira les mêmes effets, surtout lorsqu'il s'appliquera, non plus à des terrains retenus de toute part, mais à des masses pouvant se détacher latéralement sous l'action de l'instrument.

Avant de nous livrer à ces études, nous avions cherché si rien n'avait été fait sur le même sujet ; nous n'avons trouvé qu'une exploitation de grès où la matière est divisée par des moyens mécaniques, les matériaux enlevés par des chaînes à godets, etc. Malgré certaines ressemblances avec ce que nous proposons, nous croyons que l'application que nous exposons diffère essentiellement par son but spécial et ses moyens d'agir.

On retrouvera également, dans les sonnettes à vapeur pour l'enfoncement des pieux, des dispositions, des analogies incontestables.

Enfin, les grues à vapeur dont on se sert sur les grands chantiers se retrouvent dans ce que nous vous présentons, et nous avons, au reste, cherché à nous rapprocher le plus que nous avons pu de ces données reçues et sanctionnées par la pratique. En exécution, selon les cas, il est probable que nous arriverons à des modifications plus essentielles ; mais ici, on le comprend, nous avons dû prendre le plus possible dans le domaine du connu, afin d'éviter des objections de construction ou de manœuvre.

M. Maldant fait observer qu'il ne s'imagine pas comment un *trépan piocheur* comme celui qui vient d'être décrit par M. Laurent, pourra produire un travail utile de terrassement.

Qui parle de *piochage* ou de terrassement, dit M. Maldant, parle d'une désagrégation du terrain qui le rend susceptible d'être enlevé à la pelle. Or, le trépan-piocheur indiqué, tombant verticalement et abandonné à lui-même, ne participe qu'à un seul des deux mouvements nécessaires de la bêche ou de la pioche : le mouvement d'*enfoncement vertical ;* mais il n'a pas le mouvement *latéral* indispensable pour renverser et désagréger la tranche de terre que le mouvement vertical n'a fait que diviser : ces deux mouvements paraissent à M. Maldant, dans tous les cas de terrassements, *nécessairement corrélatifs.*

M. Laurent répond que l'excavation au moyen de sa machine s'opérera par gradins. Le trépan agira donc toujours au bord d'un gradin et le terrain s'affaissera de lui-même au fur et à mesure du travail.

M. Hamers fait remarquer qu'il pourrait être utile de chercher à augmenter la course du trépan, dans le but d'économiser du temps et des frais de pose de voie, afin de le rendre plus apte à être utilisé avantageusement.

Il demande si l'on ne pourrait pas, en tenant compte de la grande force du nouvel engin (eu égard aux moyens ordinaires de piochage) arriver progressivement, par certaines dispositions analogues à celles qui existent dans d'autres machines à chocs, à piocher des tranches très-hautes, voire même de plusieurs mètres de hauteur.

M. Dallot fait observer qu'une course de plusieurs mètres pour le trépan serait absolument impraticable, d'abord parce qu'après sa descente il faudrait le remonter, manœuvre qui consommerait beaucoup de force pour être opérée rapidement et rendrait la machine extrêmement coûteuse. Ensuite aucune machine ne pourrait résister à une succession continue de chocs semblables. Elle serait immédiatement détraquée, la course du trépan doit être fort petite.

M. Laurent confirme expressément l'opinion de M. Dallot. Il entend donner à son trépan une course de 0m,50 au maximum.

Mais en revanche la machine battra de 20 à 30 coups par minute.

M. Dallot demande si le mouvement vertical du trépan est une condition essentielle du système, ou bien si son action pourra avoir lieu dans une direction inclinée ou même horizontale, mode d'action qu'il croit préférable dans beaucoup de cas.

M. Laurent répond que le mouvement du trépan pourra avoir lieu dans toutes les directions et suivant toutes les inclinaisons. La forme de ce trépan pourra également varier suivant les terrains, affecter, par exemple les dispositions d'un soc de charrue.

M. Maldant répond qu'il ne partage pas cette opinion; que le trépan ne peut avoir qu'un mouvement *vertical*, l'inclinaison qu'on donnerait à l'outil pouvant être un obstacle à son enfoncement pendant sa chute. M. Maldant croit qu'il ne serait pas impossible, par ce procédé, et en appliquant des dispositions de détail bien appropriées, d'arriver au travail utile de piochage ou de désagrégation, dans des cas particuliers tels, par exemple, que celui du terrassement de *chaussées de macadam*; mais dans les travaux ordinaires, partout où il s'agira de terrains argileux, consistants, etc..., il croit que la difficulté qu'il a signalée à M. Laurent, si elle n'est pas insurmontable, est au moins l'une de celles qui devront le plus occuper son attention quand il fera l'étude définitive de l'instrument de terrassement nouveau et intéressant dont il vient d'entretenir la Société.

M. le Président craint qu'il ne soit difficile d'opérer l'enlèvement des déblais d'une façon assez rapide pour marcher de front avec l'abattage et conserver tous les avantages du travail par gradins. C'est précisément à cause de cette difficulté que dans les tranchées de chemin de fer, on commence par ouvrir une cunette dans l'axe longitudinal de la tranchée, afin de pouvoir charger simultanément tous les wagons d'un train. Il faudrait donc adjoindre à la machine de M. Laurent des moyens mécaniques d'enlèvement des déblais et de chargement en wagon. Mais tout cela constituerait peut-être un engin coûteux, long et difficile à déplacer. Il en faudrait d'ailleurs plusieurs par lots d'entreprise.

M. Laurent estime que la machine, dans l'état où il la présente, pourrait coûter 25,000 francs, et qu'il en faudrait naturellement un certain nombre, suivant l'importance des terrassements à exécuter. Il ajoute que rien ne s'oppose à ce que les lignes des gradins soient parallèles à l'axe longitudinal de la tranchée de façon à conserver le système de chargement qui vient d'être rappelé. En outre il convient de rappeler que dans beaucoup de cas, par exemple dans l'approfondissement ou l'élargissement des canaux, son système d'excavation est dans des conditions tout aussi bonnes que la méthode ordinaire au point de vue de l'enlèvement des déblais.

M. le Président clôt la discussion en remarquant que la difficulté de se procurer des terrassiers devient de jour en jour plus sérieuse et menace d'entraver les grands travaux. L'emploi des machines présente donc un caractère tout particulier d'opportunité et d'urgence, et les tentatives comme celles de M. Laurent méritent toute la sympathie des ingénieurs : il l'engage donc à continuer ses recherches et à en poursuivre l'application.

La parole est ensuite donnée à M. Mallet pour sa communication sur les travaux de draguage de la Spezzia.

M. Mallet fait rapidement l'histoire et la description de ce port célèbre, dont le projet, conçu par Napoléon Ier, n'a commencé à être sérieusement mis à exécution que dans ces dernières années; il passe rapidement en revue le matériel de dra-

guage qui s'y trouve réuni. Le matériel, composé de 9 dragues et de 14 porteurs à vapeur, sans compter un certain nombre de bettes ordinaires, a été construit, en majeure partie, par la Société des Forges et chantiers de la Méditarranée. Tous ces appareils sont d'une conception et d'une exécution remarquables, et ont donné les meilleurs résultats; mais il est juste d'insister sur les perfectionnements de détail qui ont été introduits, surtout dans les dragues, par M. Saunders, ingénieur de l'entreprise Furness et Cie, chargée des travaux. Ces modifications portent principalement sur la chaîne à godets et les tourteaux de commande.

M. Mallet donne ensuite quelques détails sur l'organisation des chantiers et sur la manière dont s'effectue le travail; il termine en donnant un grand nombre de chiffres sur la composition et les salaires des équipages, sur la consommation des matières, les prix de revient, rendements, etc., tant pour l'extraction que pour le transport.

M. Hamers demande à présenter une observation sur le draguage de la Spezzia, quoiqu'elle ne soit pas spécialement relative aux appareils décrits par M. Mallet.

M. Hamers a entendu dire, par des ingénieurs italiens, que le port de la Spezzia est malheureusement voué à de grands envasements successifs, assez puissants pour qu'il soit par trop coûteux, malgré la grande utilité de ce port, d'y obtenir et d'y maintenir, par le draguage seulement, les profondeurs voulues.

M. Mallet a entendu, en effet, émettre ces doutes; il est persuadé cependant que les divers gouvernements qui, a différentes époques, se sont occupés du projet, se sont entourés de tous les renseignements nécessaires; d'ailleurs, il faut bien remarquer que les travaux qui s'exécutent ont pour but de donner la profondeur d'eau nécessaire au fond du golfe, près de la ville, où sera le port proprement dit, et que, plus avant dans le golfe, partie qui serait cependant menacée, d'abord par des apports provenant du dehors, la profondeur d'eau est très-suffisante, puisque c'est là, en face du Varignano, que mouillent actuellement les bâtiments de guerre du plus fort tirant d'eau. Il ne faut pas, d'ailleurs, oublier que si les travaux de curage à effectuer dans presque tous les ports de l'Italie sont très-considérables, cela tient à ce qu'aucun travail de ce genre n'a été fait dans ces ports depuis leur établissement, qui remonte pour plusieurs à l'époque romaine.

Quel est, d'ailleurs, le port qui ne nécessite pas de travaux d'entretien? Il n'y a donc pas lieu de concevoir d'inquiétudes sur l'avenir de la Spezzia; s'il y a eu un ralentissement regrettable dans les travaux, cela tient à la question financière.

M. Dallot demande si, dans l'établissement des dragues, on s'est préoccupé d'employer l'acier au point de vue de l'allégement des pièces mobiles, et notamment de la chaîne dragueuse, qui atteint un poids considérable.

M. Mallet répond que jusqu'ici on a principalement, dans les dragues, employé l'acier pour résister à l'usure des pièces frottantes, et qu'à la Spezzia la nature vaseuse du sol ne nécessitait pas cet usage aussi impérieusement que dans le cas du sable; on se sert cependant de bagues en acier et d'axes cémentés, mais il ne paraît pas qu'on ait généralisé l'emploi de l'acier au point de vue spécial indiqué par M. Dallot.

Séance du 21 Juin 1867.

Présidence de M. E. Flachat, *Président.*

Le procès-verbal de la séance du 31 mai est lu et adopté.

M. le Président fait part à la Société de la nomination de M. Yvon-Villarceau à l'Académie des sciences, section de géographie et de navigation. M. Yvon-Villarceau a obtenu 38 voix sur 51 votants. Il est sorti, en 1849, avec le diplôme d'ingénieur, de l'école centrale des arts et manufactures, et il est l'un des fondateurs de la Société des ingénieurs civils.

M. le Président annonce que M. Petiet vient d'être nommé commandeur de l'ordre de Saint-Stanislas de Russie et officier de l'ordre de la Couronne de Prusse, M. Mathias Félix, officier de l'ordre de l'Aigle rouge de Prusse, et M. Thouin, chevalier du même ordre.

MM. Loustau et Romme ont été également nommés chevaliers de l'ordre de Léopold de Belgique.

La parole est donnée à M. Loustau, trésorier, pour l'exposé de la situation financière de la Société.

M. Loustau indique que le nombre des Sociétaires, qui, au 21 décembre 1866, était

de	806
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de	53
	859
A déduire par suite de décès pendant ce semestre	1
Nombre total des Sociétaires au 21 juin 1867	858

Les versements effectués pendant le 1er semestre 1867 se sont élevés à :

1° Pour le service courant, cotisations, amendes, etc.	11,942 »	13,092 »
2° Pour l'augmentation du fonds social inaliénable	1,150 »	
Il reste à recouvrer en cotisations, amendes et droits d'admission		17,394 »
Total de ce qui était dû à la Société		30,486 »

Au 21 décembre 1866, le solde en caisse était de	3,637 »	16,729 »
Les versements effectués pendant le premier semestre e 1867 se sont élevés à	13,092 »	
Les sorties de caisse du semestre écoulé se sont élevées à :		
1° Pour dépenses diverses, impressions, appointements, franchissements, etc., etc.	13,259 55	14,287 05
2° Dépenses pour l'extension du local	1,027 50	
Il reste en caisse à ce jour		2,441 95
1° Pour le service courant	850 85	2,441 95
2° Pour le fonds social	1,591 10	
La Société a en outre en portefeuille sur son fonds social inaliénable 290 obligations nominatives de chemins de fer ayant coûté		86,597 90
Plus 20 obligations au porteur sur le fonds courant ayant coûté		5,996 »
Total		92,593·90

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du trésorier; ces comptes sont approuvés.

M. le Président adresse au nom de la société des remercîments à M. Loustau pour sa bonne gestion et son dévouement aux intérêts de la Société.

L'ordre du jour appelle la remise de la médaille d'or à l'auteur du meilleur mémoire inédit déposé à la Société pendant l'année 1866.

M. le Président rend compte à la Société du résultat de l'examen des mémoires présentés dans le courant de l'année. Ces mémoires ont été examinés par les quatre sections du comité; quatre d'entre eux ont été renvoyés à l'appréciation d'une commission composée du président et des quatre vice-présidents. Cette commission a décidé que la médaille d'or serait décernée, cette année, à M. Arson, pour son mémoire sur l'écoulement des gaz. Le rapport de la Commission sera inséré au Bulletin.

M. le Président fait part d'une lettre de M. Hamers, annonçant qu'il a demandé à M. Haect des renseignements précis sur son système de graissage à l'eau qu'il s'empressera de communiquer à la Société.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur les chaudières des machines à vapeur.

M. Maldant rappelle que, dans la séance du 31 mai, M. Thomas a exposé, sur l'utilisation de la chaleur dans les foyers, une théorie que, pour sa part, il croit inadmissible. D'après les explications de M. Thomas, un foyer présentant au-dessus de la grille la forme d'un *demi-cylindre*, absorberait toute la chaleur rayonnante produite par la combustion, et l'utilisation serait ainsi *complète;* de sorte qu'on ne trouverait aucun avantage appréciable ou sensible à augmenter au delà de la forme demi-cylindrique la surface des foyers.

M. Maldant croit que la pratique des générateurs de vapeur condamne cette théorie, et qu'il y a, au contraire, avantage à faire des foyers *vastes* utilisant la chauffe *directe* dans une large proportion, et présentant surtout une surface d'absorption beaucoup plus grande que celle résultant d'un demi-cylindre.

Dans une explication théorique à l'appui de son assertion, M. Thomas a considéré le combustible répandu sur la grille comme rassemblé au milieu de cette grille, c'est-à-dire au *centre* du cylindre, et il a dit que le rayonnement de la chaleur autour de ce point était totalement absorbé par la surface demi-cylindrique : d'où la conclusion qu'une surface plus grande était au moins inutile. On ne saurait admettre une telle explication, ni assimiler la pratique des foyers à une expérience de laboratoire. Dans ce dernier cas, on peut considérer, par exemple, pour les besoins de certaines démonstrations théoriques, le centre de la flamme d'une bougie, d'une lampe, etc., etc., comme représentant sensiblement la flamme tout entière par rapport à un milieu quelconque; mais il ne saurait en être de même d'un foyer de chaudière qui est complétement rempli par le combustible ou les gaz enflammés.

La chaleur rayonnante n'appartient pas exclusivement au combustible solide; elle existe partout : dans la flamme, dans les gaz chauds, dans les faces extérieures des chaudières, en un mot, dans toutes les sources de chaleur lumineuse ou obscure.

M. Maldant croit donc, contrairement à l'opinion de M. Thomas, qu'il y a un grand intérêt à avoir des foyers raisonnablement développés, et, en tous cas, ayant au-dessus de la grille beaucoup plus d'espace que n'en laisse un demi-cylindre.

M. Thomas fait observer qu'il n'a pas indiqué de mode absolu et exclusif, mais il tient à prouver seulement qu'il n'y a pas un grand intérêt à augmenter la capacité

du foyer. Il a dit que la forme circulaire du foyer, forme si avantageuse pour les hautes pressions, réduisait, il est vrai, la surface de chauffe directe, mais qu'au point de vue théorique, aussi bien qu'au point de vue pratique, la vaporisation n'était pas sensiblement diminuée, parce que tout le rayonnement continuait à être reçu par les parois entourant le feu, quelle que fût la forme de ces parois. M. Thomas fait une distinction entre la chaleur rayonnante et la chaleur de contact de la flamme, et dit que cette dernière a peu d'importance dans le foyer.

Toutefois, il ne conviendrait pas de réduire trop la surface de chauffe directe des chaudières de locomotives, parce que, pour ces chaudières, le feu étant très-actif, et la circulation de l'eau ne s'effectuant que d'une manière imparfaite autour de cette surface, la transmission de la chaleur se trouve arrêtée par les globules de la vapeur formée, de telle sorte que les parois ne pourraient plus absorber toute la chaleur rayonnée par le feu sans risquer d'être détériorées, si cette chaleur se trouvait concentrée sur une trop faible surface. Mais pour les chaudières de bateau, à tirage moins vif et à circulation d'eau bien plus rapide autour des foyers, toute la chaleur rayonnée peut être reçue sans inconvénient par les parois du foyer, avec une forme cylindrique, laquelle diminue sensiblement la surface, comparativement à la forme rectangulaire; et, par suite, la vaporisation se ressent peu de cette diminution de surface, la quantité de chaleur transmise par le contact de la flamme étant très-faible, par rapport à celle que donne le rayonnement du feu.

M. Petiet demande que la distinction faite par M. Thomas entre la chaleur rayonnante et la chaleur par contact soit expliquée.

M. Thomas rappelle que lorsque Péclet et d'autres savants ont voulu déterminer la chaleur rayonnante produite par la combustion, ils ont pris un cylindre annulaire rempli d'eau, sans tenir compte de son diamètre, et ont fait brûler le combustible au centre, parce qu'ils considéraient que toute la chaleur rayonnante était reçue par une sphère dans laquelle le cylindre central eût été inscrit, quel que fût d'ailleurs le diamètre de cette sphère.

M. Petiet n'admet pas que la chaleur par contact des gaz du foyer soit de peu d'importance, et il indique une expérience faite au chemin de fer du Nord avec une chaudière divisée en quatre compartiments d'égale surface, dont le premier recevait la chaleur directe du foyer; le second ne voyait pas le foyer, et cependant la quantité de vapeur produite par ce second compartiment était encore moitié de celle que produisait le premier; le troisième compartiment en fournissait moins, et le quatrième moins encore; mais la différence d'effet utile entre les deux premiers n'est pas assez grande pour justifier l'importance que M. Thomas attache à la chaleur rayonnante du foyer.

M. Thomas répond que lorsqu'on brûle un combustible, tel que du coke, la moitié de la chaleur produite provient du rayonnement et la moitié du refroidissement des gaz. La moitié de la chaleur totale sera donc reçue par la portion en vue du foyer; quant à la seconde moitié, 1/2 à peu près passe dans la cheminée; c'est 1/4 de la chaleur totale qui est perdue.

Si, dans l'expérience faite par M. Petiet, le deuxième compartiment a produit une si grande proportion de vapeur, on peut attribuer ce résultat à la conductibilité des parois, qui, par la manière dont l'expérience était disposée, n'étaient que le prolongement des parois du premier compartiment, c'est-à-dire du foyer lui-même. Une expérience de M. Graham, analogue à celle de M. Petiet, mais faite d'une manière plus régulière, c'est-à-dire avec quatre compartiments bien distincts, formant quatre pe-

tites chaudières égales, placées à la suite l'une de l'autre, montre une bien plus forte quantité relative de vapeur formée dans la première chaudière, celle qui était au-dessus du feu [1].

M. Thomas rappelle que la chaleur qui peut passer à travers une paroi métallique est presque indéfinie, lorsqu'il y a circulation rapide d'eau, tandis que la quantité provenant du contact des gaz chauds est très-limitée.

M. Tresca n'accepte pas la division de la chaleur en chaleur rayonnante et en chaleur par contact. Il n'admet qu'une chaleur unique produite par la combustion, et dit qu'il n'existe de différence que dans la manière de l'utiliser.

M. Thomas soutient que cette division existe réellement. Mais en disant que les 9/10 environ de la chaleur recueillie provenaient du rayonnement, il n'a nullement entendu parler des 9/10 de la chaleur *totale* développée par la combustion, mais uniquement des 9/10 de la chaleur reçue par la surface de la chaudière, située en vue du feu, et qu'on pourrait appeler la *surface du foyer*, 1/10 seulement de cette chaleur, absorbée au-dessus du foyer, étant due au contact de la flamme. Il rappelle qu'il s'agit toujours d'un combustible ne produisant pas trop de gaz ou de flamme, comme le coke ou une houille maigre, et dit qu'avec un tel combustible on trouve que la totalité de la chaleur produite se divise en deux portions, presque égales, qui se transmettent à la chaudière, l'une par *rayonnement*, et l'autre par le *contact des gaz*, quelle que soit l'intensité de la combustion. Il cite de nouveau, à l'appui de son assertion, l'expérience faite bien des fois par des physiciens, notamment par M. Péclet, consistant à brûler un combustible dans un calorimètre, en forme de sphère creuse percée de deux orifices, l'un en bas pour laisser affluer l'air servant à combustion, et l'autre en haut pour l'échappement des gaz chauds, de sorte que le contact de ceux-ci avec les parois de la sphère se trouve évité. La quantité de chaleur absorbée par le calorimètre, qui, par sa disposition, reçoit uniquement la chaleur rayonnante, s'élève, pour les combustibles indiqués précédemment, à environ moitié de leur puissance calorifique. Cette expérience montre, de plus, que cette quantité de chaleur provenant du rayonnement est indépendante du diamètre de la sphère, et, par conséquent, de la surface de chauffe exposée à la vue du foyer; car il est évident que la chaleur reçue sera la même, quelle que soit la grandeur de la sphère.

M. Maldant ne croit pas qu'il y ait, dans la question pratique qui occupe en ce moment la Société, un bien grand intérêt à rechercher quelle est la proportion plus ou moins exacte de chaleur *rayonnante* ou *autre* qui est développée par la combustion. Il partage complétement, sous ce rapport, la manière de voir de M. Tresca, et il croit que le problème à résoudre, dans les générateurs, est celui de la meilleure production et de la meilleure utilisation possible de *toute la chaleur* renfermée dans le combustible. Il répète qu'on ne saurait admettre, comme le fait M. Thomas, que le foyer absorbe toute la chaleur rayonnante, car il est constant que cette espèce particulière de chaleur ne se sépare pas des autres ; les carneaux et les tubes des chaudières en absorbent une moindre proportion que le foyer proprement dit, mais en

1. Voici les chiffres exacts de l'expérience de M. Graham : Le poids de vapeur formée

dans le premier compartiment étant représenté par..........................	100
celui formé dans le deuxième compartiment n'a été que de....................	27
celui formé dans le troisième compartiment n'a été que de....................	13
celui formé dans le quatrième compartiment n'a été que de...................	8
	148

proportion de ce que la flamme et les gaz chauds qui les traversent en contiennent. De même, le foyer participe à la fois des différentes sortes de chaleur : il est chauffé par contact en même temps que par rayonnement. Il croit donc que les raisons théoriques invoquées par M. Thomas, à l'appui de son raisonnement, pèchent *dans l'application* qu'il en fait aux générateurs de vapeur.

M. Thomas fait observer que les gaz chauds ou à l'état de combustion, dégagent si peu de chaleur rayonnante que les physiciens ne sont pas parvenus à en mesurer la quantité ; c'est un fait scientifique. Toutefois lorsque par l'effet de la combustion d'un gaz carbonné, il se forme momentanément dans la flamme un dépôt de carbone à l'état très-divisé, la flamme dégage alors de la chaleur rayonnante, mais en petite proportion : ce dégagement peut être considéré comme relativement négligeable dans les foyers des chaudières. Une allumette rapprochée d'un bec de gaz ne s'allume à la partie inférieure du bec, là où la flamme est transparente, que s'il y a contact même ; et faut-il encore presque le contact, si on la place à la hauteur où la combustion est accompagnée d'un dépôt de carbone, tant la chaleur rayonnée par les gaz est faible.

M. Petiet conteste cette théorie ; il suppose un four à réchauffer parfaitement enveloppé de manière à éviter les déperditions de chaleur ; puis, à la suite, une chaudière tubulaire dans laquelle passeront les produits de la combustion. Il dit qu'on retrouvera dans cette chaudière sensiblement toute la chaleur produite par le combustible, et, par conséquent, il nie la division de la chaleur en chaleur rayonnante et en chaleur de contact, puisque la première n'a joué aucun rôle.

M. Thomas répond que cet exemple vient au contraire à l'appui de son opinion. La chaleur rayonnante du foyer ne disparaît pas dans un four à réverbère ; elle se porte sur la voûte en dessus du feu qui la rend en partie au combustible en ignition, lequel brûle avec une chaleur bien plus intense : la voûte cède le surplus de la chaleur rayonnée qu'elle a reçue aux gaz qui viennent se mettre en contact avec elle, et qui acquièrent ainsi une température plus élevée. On retrouve, en effet, dans la chaudière placée à la suite, la majeure partie de la chaleur produite par le combustible, mais à la condition expresse, dont la pratique a démontré la nécessité, que l'on aura donné à cette chaudière une surface de chauffe deux à trois fois plus considérable que si elle avait été établie de la manière ordinaire, qui lui permet de recevoir directement l'action de la chaleur rayonnante. La nécessité d'augmenter considérablement la surface de la chaudière prouve l'existence d'une chaleur rayonnante produisant beaucoup d'effet ; c'est là un fait certain scientifiquement aussi bien que pratiquement, aussi bien que la distinction à faire entre la chaleur cédée par contact et celle provenant du rayonnement.

M. Maldant croit qu'avant de répondre à l'ensemble des observations de M. Thomas, il serait bon qu'il s'expliquât sur la nature exacte des expériences qu'il invoque, et sur les analogies ou les différences qu'elles présentent avec la combustion telle qu'elle se passe dans un foyer de chaudière à vapeur.

M. Ch. Callon fait remarquer, à l'appui de l'opinion de M. Thomas, sur le peu d'influence en général de la grandeur de la surface de chauffe qui entoure un foyer intérieur, que la chaleur rayonnante passe très-facilement à travers une paroi métallique à la condition que l'eau absorbe le calorique à mesure qu'il passe ; ce qui n'a lieu qu'autant qu'elle se renouvelle assez rapidement. Si, comme dans les locomotives à feu très-actif et à circulation imparfaite de l'eau, il existe une couche de vapeur intermédiaire entre la tôle et l'eau, la chaleur ne sera plus absorbée ; elle restera

dans la tôle qui alors à la vérité risquera de s'altérer, d'autant plus que la chaleur rayonnante s'accumulera sur une moindre surface. Mais, par la pensée, supprimons la tôle, qui peut n'être considérée que comme une enveloppe solide destinée à contenir l'eau, et supposons que cette eau soit directement exposée au rayonnement du foyer; elle absorbera alors toute la chaleur rayonnante, quelle que soit la grandeur de la surface recevant le rayonnement du foyer (ainsi que cela a lieu dans le calorimètre cité), à une seule condition : c'est que l'eau se renouvellera avec une rapidité *suffisante*. Maintenant, si nous rétablissons la présence de la tôle que nous avions supprimée par la pensée, la même absorption de chaleur aura lieu pourvu que la même condition continue à être remplie, et qu'ainsi toute accumulation de vapeur entre l'eau et la tôle soit évitée.

M. le Président reprenant la pensée émise par M. Callon, que l'accord semble facile entre les deux opinions qui se combattent, résume la discussion. La doctrine de M. Thomas a un but industriel très-précis qui, si elle est juste, doit influer sur le mode de construction des générateurs.

Il veut utiliser, pour la vaporisation, la plus grande quantité de chaleur produite par la combustion, au moyen de la moindre surface métallique. Pour obtenir ce résultat, il n'emprunte à la combustion que ce qu'il appelle le calorique rayonnant et il accroit la faculté de transmission de la chaleur, à travers les parois métalliques, par une circulation rapide de l'eau contenue dans le générateur.

Il appuie sa doctrine sur la division en calorique rayonnant et en calorique de contact. Il utilise l'un et il néglige l'autre. C'est cette division qui est l'objet principal de la discussion. A-t-elle pour base une théorie quelconque ou bien des expériences? Les essais faits par les savants ont-ils un caractère purement empirique ou bien existe-t-il un ordre de notions physiques sur l'émission du calorique qui ait fait reconnaitre que cette émission se divise en rayonnement et en contact de la flamme et des gaz chauds. La question reste ainsi posée entre ceux qui veulent étendre la surface de chauffe des générateurs jusqu'au refroidissement des gaz dégagés par la combustion et le système de M. Thomas qui n'attache pas d'importance à la quantité de calorique recueilli par leur contact.

Quant à l'accroissement de la faculté de transmission du calorique à travers les parois métalliques, la question se pose entre deux systèmes : celui que préconise M. Thomas; le principe en a été essayé sur une grande échelle par Perkins. La chaudière tubulaire de Perkins était disposée pour causer une circulation d'une vitesse excessive de l'eau, et l'inventeur attribuait à ce continuel renouvellement de l'eau contre les surfaces chauffées la propriété, pour les parois, de recueillir et de transmettre beaucoup plus de calorique.

L'opinion de ceux qui ne considèrent pas cette condition comme essentielle est que le déplacement de l'eau, renouvelée par le fait de la vaporisation seule, crée un courant suffisant et que, particulièrement dans la locomotive, ce courant s'établit contre les parois du foyer.

Toujours est-il que le bénéfice de la discussion des deux systèmes est fort opportun, puisqu'elle tend à modifier la construction des générateurs dans un moment où le problème de cette construction est posé par mille besoins divers.

M. Thomas, revenant à l'origine de la discussion, dit que pour éviter les difficultés et les inconvénients de l'armature des foyers rectangulaires dans les chaudières marines, armature nécessaire pour qu'ils résistent à une pression élevée, il suffit de faire ces foyers cylindriques, et que la quantité de vapeur formée n'est pas sensiblement

diminuée parce que toute la chaleur rayonnée continue à être aussi complétement recueillie et sans inconvénient, à cause de la circulation de l'eau : la chaleur transmise par le contact de la flamme étant relativement très-faible. Quant aux locomotives, l'on ne pourrait ainsi réduire la surface exposée au rayonnement à cause de la gêne qu'éprouve la circulation de l'eau, qui est obligée de former un courant en sens inverse de la vapeur émise, dans un espace de 10 à 12 centimètres seulement de largeur. Mais que l'on entoure complétement le foyer d'eau, en dessous de la grille, comme en dessus et latéralement, la circulation s'établira de même qu'autour des foyers des chaudières de bateaux, et, alors, la surface directe pourra être réduite sans inconvenient et sans que la vaporisation soit sensiblement diminuée.

M. Brull conteste, en s'appuyant sur les données connues de la combustion qu'il rappelle succinctement, et en discutant les expériences sur la chaleur dite rayonnante, qu'il soit possible de distinguer diverses natures de calorique ou divers modes de transmission. Il dit que, si on prend un calorimètre rempli de glace et qu'on y laisse refroidir un boulet chauffé au rouge, toute la chaleur sera utilisée quelle que soit la forme donnée au calorimètre, et par conséquent quelle que soit sa surface. Mais, dans une chaudière, si on brûle de la houille, il y a plusieurs phénomènes dans la combustion dont il est nécessaire de tenir compte ; il faut produire des gaz dans les meilleures conditions, puis opérer la combustion de ces gaz dans des conditions convenables, et enfin utiliser la chaleur produite.

M. Brull croit qu'il serait fâcheux de conseiller aux constructeurs de faire des foyers carrés ; mais, suivant lui, la forme surélevée et la grande capacité du foyer sont très-favorables à la combustion des gaz.

M. Thomas constate qu'après ce que vient de dire M. Brull, les objections contre son opinion semblent se réduire à l'insuffisance d'espace, pour le développement de la flamme que présenteraient les foyers cylindriques. L'on a longtemps cru, surtout en France, que pour obtenir une bonne combustion, une haute température était nécessaire ; et l'on faisait des foyers extérieurs très-élevés, en partie entourés d'une maçonnerie de briques. En Angleterre on a, au contraire, commencé par des chaudières à parois concaves (chaudières de Watt) et dont le fond était assez rapproché de la grille ; puis, plus tard, et même pour les générateurs des manufactures, on a placé le foyer de forme cylindrique entièrement dans l'intérieur de la chaudière. Après lui avoir donné un assez grand diamètre, allant jusqu'à 4 pieds anglais (1^m,20) et plus, on a réduit le plus souvent le diamètre des foyers à 2 1/2 pieds, dimension qui parait être même un maximum actuellement ; car on voit beaucoup de foyers ronds n'ayant que 2 pieds. Une très-longue expérience démontre aujourd'hui que ces foyers circulaires, à dimensions réduites, sont les meilleurs. Les résultats donnés par nombre de chaudières construites depuis quelque temps en France, même avec des foyers circulaires n'ayant que 0^m,50 de diamètre, confirment complétement la pratique anglaise. L'explication suivante peut-être invoquée en faveur des foyers intérieurs à température et à capacité réduites : lorsqu'on y introduit la houille, elle ne se transforme pas aussi brusquement en gaz que dans les grands foyers à température élevée : par suite la combustion est mieux aménagée ; moins de gaz combustibles se dégagent sans brûler.

M. Maldant et quelques autres membres demandent la parole pour continuer la discussion. Mais l'heure étant très-avancée, M. le Président invite ceux qui ont des observations à présenter à les réserver pour une occasion ultérieure, et il lève la séance.

Séance du 28 Juin 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 7 juin 1867 est lu et adopté.

M. le Président donne la parole à M. Pérignon pour la suite de sa communication sur les machines marines de l'Exposition.

M. Pérignon cite une petite machine construite à Indret.

Cette machine, de 250 chevaux, est très-bien disposée. L'accès des pièces en mouvement y est très-facile. Elle se compose de deux cylindres avec coulisse de Stéphenson, ce qui est préférable, surtout pour de petites machines. Les deux condenseurs sont placés à la suite l'un de l'autre, à l'arrière.

M. Pérignon fait au tableau un croquis d'un de ces condenseurs. La pompe à air est à plongeur et est située à la partie inférieure de l'appareil; l'eau, qui s'accumule, fait charge sur les clapets et rend leur fonctionnement meilleur. A la fin de chaque course, la partie inférieure étant entièrement remplie d'eau, le vide est plus parfait. Le seul inconvénient que l'on remarque dans cette disposition est d'avoir à élever l'eau à une plus grande hauteur pour la rejeter en dehors, mais il est racheté par les avantages signalés plus haut.

M. Pérignon communique des courbes prises à l'indicateur de pression, à l'appui de ce qu'il a dit dans sa dernière communication sur l'influence très-faible du détendeur ou réservoir de vapeur intermédiaire dans le fonctionnement des machines de Wolf. Les courbes prises, en se servant du détendeur ou en le supprimant, ne présentent pas de différences sensibles.

M. Pérignon trouve que l'usine du Creusot est plus à signaler pour ses locomotives et ses produits de forge qu'en ce qui concerne les machines marines exposées. Une première machine, de 950 chevaux marins, pouvant développer 3,800 chevaux de Watt, ressemble beaucoup, comme ensemble, à la machine Mazeline. La vapeur arrive autour des cylindres de détente, mais n'enveloppe pas les fonds. Ces cylindres sont réunis par des tubulures, à brides fixes, servant à faire circuler la vapeur de l'un à l'autre. On ne remarque aucune disposition permettant la libre dilatation des différentes parties de la machine, et il est à craindre que des ruptures se produisent en marche, soit dans les enveloppes, soit dans les brides des tubulures.

M. Pérignon ajoute que les pompes à air des condenseurs sont placées à la partie supérieure et par conséquent dans de mauvaises conditions. Le vide produit doit être assez médiocre. Une partie des clapets d'aspiration a été placée verticalement, comme dans la machine d'Indret, pour éviter les chocs qui se produisent souvent dans ces appareils.

Les clapets sont circulaires, ont 25 centimètres de diamètre et sont au nombre de 24. La pompe à air est fixée à une crosse venue de forge avec l'une des tiges de piston.

Les glissières sont de la forme adoptée ordinairement pour les machines fixes, et

l'arbre de distribution est muni d'un changement de marche Mazeline. Cet arbre est supporté par des bâtis en forme d'A qui nuisent à l'effet général de la machine.

Une autre machine marine est aussi placée dans l'exposition du Creusot.

Cette machine est de 265 chevaux marins, pouvant développer 1,060 chevaux de Watt. Elle est destinée à commander l'une des deux hélices d'un navire cuirassé de la marine impériale.

Elle se compose de deux cylindres avec enveloppe de vapeur. Les fonds paraissent en être dépourvus.

La vapeur arrive aux boîtes à tiroir par une tuyauterie de cuivre très-contournée et tourmentée. Ces tiroirs sont mus par une coulisse qui est parfaitement disposée et bien guidée sur le condenseur.

Le condenseur est au milieu de la machine, et les tuyaux d'échappement viennent le rejoindre obliquement.

Les bielles sont en retour et fonctionnent dans un évidement du condenseur ; les glissières sont doubles et adhérentes à la paroi verticale du condenseur, ce qui rend leur visite difficile, surtout dans une petite machine.

Les pompes alimentaires sont mues par un vilbrequin placé sur l'une des extrémités de l'arbre à manivelles ; elles sont inclinées à 45° et refoulent par le fond, sans doute afin que l'air qui s'amasse dans le corps de pompe atténue le choc des clapets, mais cette disposition n'est pas généralement considérée comme favorable.

La Compagnie des Forges et chantiers de la Méditerranée a exposé dans le palais de l'Exposition, classe 66, une série de modèles des machines marines exécutées dans ses ateliers depuis plusieurs années.

M. Pérignon cite d'abord la machine du Masr, construite en 1865 pour le vice-roi d'Égypte. Cette machine est à engrenage et à fourreau, disposition employée souvent par cette Compagnie.

Le diamètre des cylindres est de 2m,60, celui des fourreaux 0m,96, la course du piston 1m,42, et le nombre de tours est de 33 par minute. Cette machine peut développer 600 chevaux.

Dans les essais officiels, le vide moyen n'avait été que de 0m,61 au manomètre, probablement ce qui aurait été une cause de refus, si la machine avait été destinée à la marine impériale qui exige un vide minimum de 0m,65.

Le condenseur est placé trop près du cylindre et l'échauffement qui en résulte peut être une des causes produisant le mauvais vide constaté ; d'un autre côté, ce voisinage est une cause de refroidissement des cylindres, ce qui doit aussi être préjudiciable à la consommation.

Cette même Compagnie expose le modèle d'un remorqueur construit pour le Nil ; la machine mérite les plus grands éloges. Le bateau devait avoir seulement 1 mètre de tirant d'eau et une longueur de 70 mètres, sur 8 mètres de largeur ; son creux était donc très-faible.

On a employé deux machines inclinées, placées longitudinalement sous un angle plus faible que 45°, afin d'avoir une longueur suffisante pour les bielles.

Les condenseurs et les pompes à air sont dans le genre de ceux des bateaux du Rhône, c'est-à-dire couchés au fond du bateau, entre les cylindres, et complétement isolés de ces organes. Les bâtis sont en fer forgé, très-légers, très-élégants et solides, les efforts se faisant suivant l'axe des pièces.

La détente se fait au moyen de deux tiroirs superposés.

La transmission de mouvement au condenseur est compliquée et donne à la pompe

à air un mouvement très-irrégulier pouvant nuire au vide, par suite des obliquité des bielles, lorsqu'elles se redressent ou s'infléchissent.

M. PÉRIGNON fait au tableau un croquis de la disposition adoptée.

La vitesse du bateau a été trouvée de 13n,50, et la consommation exigée pa le marché devait être de 1k,10 par cheval mesuré par l'indicateur ou de 1k,30 pa cheval-vapeur mesuré sur l'arbre. Le navire et la machine ont coûté 340,000 franc rendus à Alexandrie.

L'exposition des Forges et chantiers comprend encore les modèles de plusieur machines pilons avec condenseurs à surface et des machines pilons à haute pressio pour canonnières et canots à vapeur.

Une machine à trois cylindres, type Dupuy de Lôme, est aussi représentée. On peut lui reprocher l'emploi d'énormes excentriques de 0m,60 de diamètre, rempla-çant la barre à manivelle employée ordinairement.

Enfin, une machine à deux cylindres, construite pour le gouvernement prussien mérite d'être citée pour la bonne disposition de son appareil de détente qui est menée par une coulisse de Stéphenson spéciale. La manœuvre et le déclanchage facile des appareils de détente ont une grande importance, car, sans ces facultés, les méca-niciens n'en font pas usage.

M. PÉRIGNON cite encore une machine à deux cylindres inclinés à 45° laissant à désirer. Les cylindres sont boulonnés sur le condenseur; les pièces en mouvement sont enfermées dans les bâtis et sont inaccessibles; les coulisses, enfin, qui manœu-vrent les tiroirs, ont leur levier de relevage disposé de telle sorte que la distribu-tion de l'un des cylindres se fait dans de mauvaises conditions.

Dans le type de 300 chevaux, qui est exposé sur la berge, on a supprimé la cou-lisse pour la remplacer par un excentrique à calage variable au moyen d'une tangente.

M. PÉRIGNON regrette cette disposition qui ne vaut pas le moyen dont il vient de parler précédemment.

Dans cette machine, les condenseurs et leur bâche sont séparés en quatre com pour l'emplacement des deux bielles et une cursive. Cette disposition permet passer facilement d'un bout à l'autre.

Cette machine se rapproche plus que les autres de la construction courante, l'on doit savoir gré à la Compagnie des Forges et chantiers de la Méditerranée n'a pas fait des pièces d'un fini spécial en vue de l'Exposition.

M. Fraissinet, de Marseille, a exposé une machine à pilon qui mérite d'être minée en détail.

Elle possède un condenseur à surface placé derrière les boîtes des cylindres les pompes à air. Cette disposition est préférable à celle qui met directement contact les cylindres avec les condenseurs.

La distribution se fait par coulisse et la détente par des excentriques spécia mènent des tiroirs cylindriques à lanterne.

M. PÉRIGNON croit que la détente par la coulisse est préférable, puisque, da machines marines, et surtout celles de faible dimension, la détente employée nairement ne dépasse pas un quart, et, dans ces conditions, la coulisse don résultats satisfaisants, à la condition d'avoir été étudiée avec un modèle repro les mouvements de la coulisse.

M. PÉRIGNON communique des courbes à l'indicateur, relevées avec ces com

de détente, et qui lui semblent dans de bonnes conditions; les courbes sont encore bonnes avec 17 0/0 d'introduction.

M. Pérignon dit que, dans la machine Fraissinet, le point d'oscillation du levier de relevage ne paraît pas maintenu d'une manière suffisamment rigide.

M. Claparède expose une machine avec condenseur à surface, dans laquelle les cylindres sont placés en corniche au-dessus de la caisse du condenseur.

Le porte-à-faux des cylindres est soutenu par une colonne en fer. Cette disposition permet un accès extrêmement facile de toutes les pièces en mouvement. L'adhérence des cylindres au condenseur est évidemment une cause de refroidissement et préjudiciable à la consommation. Le mouvement des pompes à air est un peu serré entre la glissière et le condenseur; la surveillance de ces organes est, par suite, difficile.

La glissière est formée d'une forte règle en fer placée derrière la bielle et saisie par un collier boulonné avec la crosse de la tige de piston. Le guidage est bien assuré, et cette disposition, employée pour la première fois par la maison Gouin, prendra une bonne place dans la pratique.

Toutes les pièces de la machine paraissent un peu fortes par rapport à sa puissance normale; mais elles s'expliquent par l'allure rapide que doit prendre la machine et par l'élévation de sa pression de régime.

M. Pérignon dit, en terminant, que l'on doit des remercîments à M. Claparède qui est le seul exposant ayant envoyé à l'Exposition une machine et sa chaudière pouvant fonctionner à la mer à 5 atmosphères. L'emploi de pressions élevées passera bientôt dans la pratique, lorsque l'impuissance des machines à moyenne pression, pour obtenir des résultats économiques, aura été constatée. A ce point de vue, l'appareil de M. Claparède est très-intéressant.

M. Boulogne complète les indications données par M. Pérignon sur la machine de M. Claparède, et dit que les organes de la transmission de la pompe à air ont été disposés en ciseaux pour que le poids de cette pompe équilibre celui du piston et de sa bielle et pour ne placer qu'un faible contre-poids sur la manivelle. Il ajoute que le condenseur, bien que près des cylindres, en est encore à 1 mètre environ. La machine Claparède est une machine de Wolf, dans laquelle le premier cylindre détend à moitié et l'autre travaille à pleine pression pendant les 4/5 de la course; un réservoir intermédiaire réunit les deux cylindres.

M. Boulogne ajoute que le condenseur à surface est d'une construction analogue à ceux employés sur les bateaux *la Ville-de-Bordeaux* et *la Ville-de-Nantes*, dont les machines ont été construites par M. Cavé et qui fonctionnent depuis douze ans.

M. le Président invite M. Pérignon à donner des explications sur les dispositions et le nombre des clapets circulaires de petite dimension des condenseurs ordinaires et sur celles des joints des tuyaux des condenseurs à surface propres à prévenir l'effet des dilatations inégales. Il ajoute qu'il y a à l'Exposition plusieurs systèmes de glissières. L'emploi de la glissière à sabot fixe particulièrement l'attention.

Il demande aussi à M. Pérignon si dans la machine Claparède la vapeur passe à l'intérieur ou à l'extérieur des tubes du condenseur à surface, et, enfin, s'il est renseigné sur la préférence à donner aux machines à mouvement direct sur les machines à engrenage.

M. Maldant demande à M. Pérignon si, dans son examen des machines marines, il s'est occupé des applications qui ont pu être faites des *garnitures métalliques* pour remplacer les garnitures de chanvre?

à air un mouvement très-irrégulier pouvant nuire au vide, par suite d
des bielles, lorsqu'elles se redressent ou s'infléchissent.

M. Pérignon fait au tableau un croquis de la disposition adoptée.

La vitesse du bateau a été trouvée de 13ⁿ,50, et la consomma
le marché devait être de 1ᵏ,10 par cheval mesuré par l'indicateur
cheval-vapeur mesuré sur l'arbre. Le navire et la machine ont coût
rendus à Alexandrie.

L'exposition des Forges et chantiers comprend encore les mo
machines pilons avec condenseurs à surface et des machines pilon
pour canonnières et canots à vapeur.

Une machine à trois cylindres, type Dupuy de Lôme, est a
peut lui reprocher l'emploi d'énormes excentriques de 0ᵐ,60 d
çant la barre à manivelle employée ordinairement.

Enfin, une machine à deux cylindres, construite pour le go
mérite d'être citée pour la bonne disposition de son appar
menée par une coulisse de Stéphenson spéciale. La manœuvre
des appareils de détente ont une grande importance, car, san
niciens n'en font pas usage.

M. Pérignon cite encore une machine à deux cylindres
désirer. Les cylindres sont boulonnés sur le condenseur
sont enfermées dans les bâtis et sont inaccessibles; les c
vrent les tiroirs, ont leur levier de relevage disposé de
tion de l'un des cylindres se fait dans de mauvaises con

Dans le type de 300 chevaux, qui est exposé sur la l
lisse pour la remplacer par un excentrique à cal
tangente.

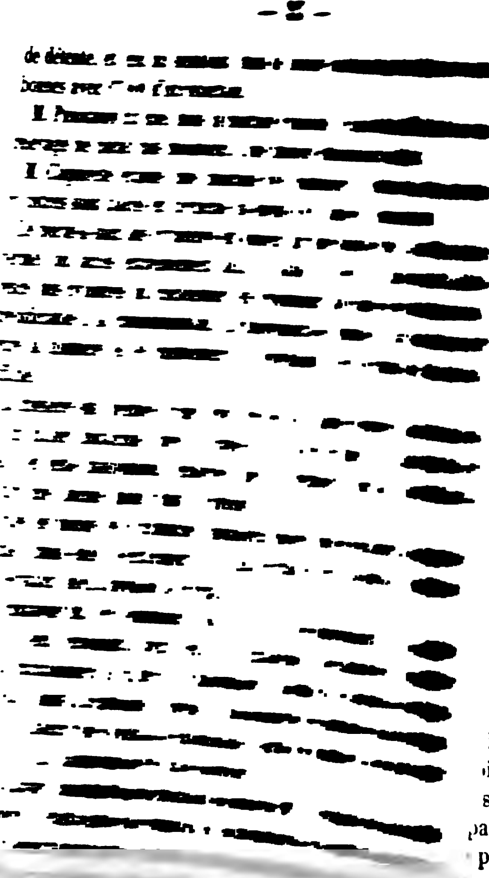
M. Pérignon regrette cette disposition qui ne va
parler précédemment.

Dans cette machine, les condenseurs et leur b
pour l'emplacement des deux bielles et une c
passer facilement d'un bout à l'autre.

Cette machine se rapproche plus que les
l'on doit savoir gré à la Compagnie des For
n'a pas fait des pièces d'un fini spécial en

M. Fraissinet, de Marseille, a exposé
minée en détail.

Elle possède un condenseur à surf
les pompes à air. Cette dispositio
contact les cylindres avec les c
...ribution se fait par
... cylindri



rcha sans interruption pen-

s se déclarèrent presque su-
ieur, qui est de section cir-
demanda quinze jours, puis
ites nouvelles, identiques aux
durèrent encore quinze jours,
après, les mêmes fuites eurent
s et dura six mois. MM. Farcot
efforts pour rechercher la cause
e foyer, on le changea entière-
ainsi que le faisceau tubulaire,
sards qui servent de commu-
rieur d'eau et de vapeur ; on fit
métallique des tôles, des tubes
fit et il fallut se résoudre, après
ion de ce générateur, et son rem-
udières ordinaires à bouilleurs.
membre de notre société, au bien-
op rendre hommage, pensa que

croire que la nature de l'eau d'ali-
effet, depuis le commencement des
indicateurs de niveau, une mousse
it du foyer, une poudre grise impal-
si les tôles y avaient manqué d'eau.
parties du générateur ; étant recueillie
présentait ce phénomène étrange de
u.

e que pendant les premières semaines
par précaution, dans le générateur, une
de, et que c'était seulement depuis la
nts successifs se manifestaient, de même
alcalin que des fuites avaient eu lieu,
médiatement suivi la mise en feu.

ations à la Société de Pont-Rémy ; mais on
raison, que l'eau ne pouvait être pour rien
de même nature et prise dans la même nappe
depuis longues années les autres chaudières de

à force d'instances que l'on essayerait une
expérience dans un but de recherche purement
générateur de 160 mètres restant d'ailleurs décidé en
expérience on changerait provisoirement l'eau d'alimen-

nouvelles conditions et, *depuis cette époque aucun accident*
fonctionne et fonctionne sans reproche, à l'entière satis-
de Pont-Remy.

M. Maldant ajoute qu'il fait surtout cette question, parce qu'il sait que de nombreuses applications des *garnitures métalliques* sont faites depuis un certain temps sur les machines fixes et locomotives, et qu'il a entendu dire que des essais couronnés de succès avaient été également faits sur des machines marines du commerce et de l'État. Il y a là une question intéressante, au point de vue des résistances passives des machines, et il pourrait être avantageux qu'elle fût élucidée.

M. Gaudry demande comment le joint du fourreau se fait dans les grandes machines ?

M. Pérignon, répondant aux observations présentées sur la machine Claparède, dit que la vapeur passe à l'extérieur des tubes du condenseur, et que cette disposition doit être moins bonne que l'inverse, parce que la pression atmosphérique ne tend pas à rapprocher la fausse plaque à tube de la plaque principale et ne comprime pas le caoutchouc compris entre ces deux plaques ; on est donc obligé d'obtenir le serrage du caoutchouc par le moyen de nombreux boulons.

En ce qui concerne la machine elle-même, M. Pérignon répond que l'interposition du réservoir doit donner lieu à une consommation plus grande que si la détente s'effectuait entièrement dans chacun des deux cylindres. Ce réservoir étant d'ailleurs placé sur le condenseur, sa position n'est pas heureuse, car il est refroidi par ce dernier.

M. Pérignon ajoute que dans les condenseurs ordinaires, les clapets multiples et circulaires ont été employés pour la première fois par M. Penn : le joint se fait dans ces clapets à l'aide d'une plaque de caoutchouc ordinaire sans toile interposée.

Il croit la disposition des glissières meilleure dans la machine Mazeline que dans celle du *Friedland* (ateliers d'Indret).

Dans cette glissière une marche trop prolongée en arrière amène des chocs. Cette disposition est cependant fréquemment employée en Angleterre.

Les machines à engrenages ont été souvent préconisées en Angleterre, parce qu'elles permettent des mouvements d'organes moins précipités, une usure et une consommation de graisse bien moindre, et semblent moins sujettes à être mises hors de service par suite d'avaries.

Le *Saint-Laurent*, qui est muni d'une machine à engrenages, a donné des résultats excellents comme régularité de marche. Ce navire est rapide et sa consommation limitée ; il est, sous ce double rapport, supérieur aux navires de mêmes dimensions et de même forme, munis de machines à roues de même puissance. Quant aux garnitures métalliques, l'eau salée les oxyde et soude les différents segments dont elles se composent ; elles ne sont pas employées dans les machines exposées.

La garniture dans les grandes machines à fourreau se fait presque toujours avec du chanvre.

M. le Président remercie M. Pérignon de son intéressante communication, et donne la parole à M. Joseph Farcot pour la communication d'une note concernant les dangers que présente l'emploi de certaines eaux pour l'alimentation des chaudières à vapeur.

L'intérêt que présente cette question et le peu d'étendue de cette note ont engagé à l'insérer *in extenso* dans le procès-verbal.

En juin 1866, MM. Farcot installèrent à Pont-Rémy un générateur tubulaire de 160 mètres, identiquement semblable à un grand nombre d'autres de diverses dimensions. La mise en feu ne présenta aucun incident qui pût les inquiéter ; des fuites se manifestèrent durant les premiers jours au ciel du foyer, mais on n'y fit pas grande

attention et, après bonne réparation des rivures, on marcha sans interruption pendant plus de deux mois.

A ce moment, vers le 15 septembre, des fuites intenses se déclarèrent presque subitement à toutes les clouures supérieures du foyer intérieur, qui est de section circulaire; on répara à grande peine ces rivures; le travail demanda quinze jours, puis on remit en feu; on marcha trois jours; le quatrième, fuites nouvelles, identiques aux premières; il fallut recommencer les réparations; elles durèrent encore quinze jours, après lesquels on remit en feu et, vingt-quatre heures après, les mêmes fuites eurent lieu en s'aggravant; cela se répéta sept fois consécutives et dura six mois. MM. Farcot et les ingénieurs de la Société linière firent tous leurs efforts pour rechercher la cause de ces accidents indéfinis et identiques. On modifia le foyer, on le changea entièrement de forme, on le renouvela même complétement ainsi que le faisceau tubulaire, on augmenta le nombre et la section totale des cuissards qui servent de communication entre le corps inférieur et le réservoir supérieur d'eau et de vapeur; on fit des transformations radicales en modifiant la nature métallique des tôles, des tubes et des rivets en même temps que leur forme; rien n'y fit et il fallut se résoudre, après six mois de recherches, à accepter le refus de réception de ce générateur, et son remplacement aux frais de MM. Farcot, par des chaudières ordinaires à bouilleurs. M. Frichot, directeur des usines de Pont-Rémy et membre de notre société, au bienveillant concours duquel M. Farcot ne saurait trop rendre hommage, pensa que c'était là la seule solution efficace.

A bout de recherches, MM. Farcot finirent par croire que la nature de l'eau d'alimentation était la cause de tous ces maux. En effet, depuis le commencement des accidents, on observait dans les tubes de verre indicateurs de niveau, une mousse épaisse se solidifiant facilement, et, sur tout le toit du foyer, une poudre grise impalpable, paraissant calcinée en cet endroit comme si les tôles y avaient manqué d'eau. Cette poudre était plus blanche dans les autres parties du générateur; étant recueillie et mêlée à de l'eau nouvelle dans un seau, elle présentait ce phénomène étrange de ne pas mouiller les mains ni les parois du seau.

De plus, ces messieurs venaient d'apprendre que pendant les premières semaines de marche régulière, on avait introduit, par précaution, dans le générateur, une bonne dose journalière de carbonate de soude, et que c'était seulement depuis la suppression de ce carbonate que les accidents successifs se manifestaient, de même que c'était aussi avant l'emploi de ce sel alcalin que des fuites avaient eu lieu, pendant les premiers jours qui avaient immédiatement suivi la mise en feu.

MM. Farcot communiquèrent ces observations à la Société de Pont-Rémy; mais on leur répondit, avec toute apparence de raison, que l'eau ne pouvait être pour rien dans ces accidents, puisqu'elle était de même nature et prise dans la même nappe souterraine que celle qui alimente depuis longues années les autres chaudières de l'usine.

Ces messieurs obtinrent néanmoins à force d'instances que l'on essayerait une dernière réparation et une dernière expérience dans un but de recherche purement scientifique, le rejet de leur générateur de 160 mètres restant d'ailleurs décidé en principe, et que, pour cette expérience, on changerait provisoirement l'eau d'alimentation.

On marcha dans ces nouvelles conditions et, *depuis cette époque aucun accident n'est survenu, le générateur a fonctionné et fonctionne sans reproche, à l'entière satisfaction de la Société linière de Pont-Rémy.*

C'est au moment où ces messieurs obtinrent de faire cette dernière expérience, qu'ils lurent dans le numéro de mars 1867 du *Technologiste*, le récit frappant d'incidents absolument identiques à ceux de Pont-Rémy, et récents, en même temps qu'ils y trouvèrent l'explication lucide et parfaitement démontrée de tout ce qui leur était arrivé.

M. Farcot donne le résumé des faits racontés par ce journal d'après un mémoire de M. Weber, publié à Berlin, et sur lequel il croit très-utile d'appeler l'attention de la Société : on peut lire les articles en entier dans les numéros de mars et avril 1867 du *Technologiste* :

« Dans une forge de la Haute-Silésie appartenant à M. Borsig, on avait établi, pour le service de deux machines soufflantes à haute pression, de 150 chevaux chacune, six chaudières de $1^m,28$ de diamètre, à carneaux intérieurs et munies chacune d'un bouilleur inférieur de $0^m,92$.

« L'eau d'alimentation était empruntée à une houillère du voisinage, et puisée dans un bassin de tôle où se rendaient aussi les purges des cylindres et l'eau condensée de la vapeur d'échappement.

« Après que les machines eurent été mises en marche, comme essai, pendant quatorze jours, on commença le service régulier du haut fourneau ; peu de temps après on observait déjà sur chacune des chaudières et dans les assemblages ou les joints, des fuites qui ne causèrent d'abord aucune inquiétude. Mais ces avaries s'aggravèrent rapidement et devinrent telles que les six chaudières ne purent plus tenir l'eau, et l'on dut suspendre le travail des machines ainsi que la marche du haut fourneau.

« En examinant l'intérieur des chaudières, on trouva comme résidu de l'évaporation de l'eau, en partie sous forme sèche sur leurs parois et en partie sur le fond, sous celle de boue, une poudre d'un gris clair, douce, argileuse qui, à l'état humide, était onctueuse au toucher, et, à l'état sec, ne se laissait mouiller ni par l'eau froide ni par l'eau chaude et ne se mélangeait pas avec le liquide, mais nageait à la surface. »

A l'intérieur du corps des six chaudières, on remarquait d'importantes avaries ; le mémoire en donne la liste effrayante, feuille par feuille, ce sont : déchirures multiples sur une étendue de 15, 17, 24 ou 27 rivets ; séparation considérable des tôles, forts coups de feu, feuilles déjetées en dehors, gercées et déchirées, etc. ; les chaudières étaient ainsi devenues subitement tout à fait hors de service et presque détruites.

Toutes ces avaries étaient survenues dans les six chaudières à la fois sans qu'aucun indice extérieur saisissable pût les faire soupçonner ; mais il était évident par l'inspection des surfaces qu'il y avait eu surchauffage des tôles, alors que l'on avait la certitude absolue que l'eau n'y avait jamais manqué.

On entreprit, pour découvrir la cause mystérieuse de ce surchauffage, une série de recherches dans toutes les directions, soit par voie expérimentale, soit en consultant la simple pratique, recherches qui toutes ont contredit les hypothèses admises jusqu'alors sur les causes de ces avaries colossales. — Ainsi on a analysé l'eau d'alimentation et le résidu d'évaporation (c'est ce que ces messieurs ont fait aussi pour le générateur de Pont-Rémy), sans qu'on y ait découvert aucune matière qui offrît le moindre rapport avec les faits observés et à laquelle on pût les attribuer ; et, à ce sujet, on considérait si peu comme probable un rapport tel, que cette même eau de la mine voisine avait été employée depuis des années à produire de la vapeur sans qu'..

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS.

SÉANCE DU 30 AOUT 1867.

Présidence de M. E. FLACHAT.

Le procès-verbal de la séance du 9 août est lu et adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce à la Société que MM. Delaunay, Le Brun (Raymond) et Rey ont été nommés chevaliers de l'ordre d'Isabelle la Catholique.

M. LE PRÉSIDENT invite M. Arson à présenter les observations qu'il a faites à l'Exposition sur les matières, engins et appareils qui ont trait à la fabrication du gaz ainsi qu'à son emploi.

M. ARSON expose en premier lieu ce qui a trait à la production, ensuite il examine les appareils d'émission, enfin les appareils de consommation.

En ce qui concerne la production, rien dans les objets exposés ne mérite une mention spéciale. Il constate à cette occasion que la fabrication des produits réfractaires est parvenue à une assez grande perfection. On fabrique aujourd'hui, en mêlant à la terre franche 50 pour 100 de ciment des pièces très-grandes, des cornues notamment qui sont d'une très-grande solidité. On peut les sortir du four et les y remettre deux et jusqu'à trois fois, et les faire durer ainsi plusieurs années. On a de fréquents exemples de durées longues pour la partie plongée dans le four.

Mais un inconvénient qui subsiste et qu'on a encore pu faire disparaître, c'est la rupture qui se produit toujours près de l'embouchure entre la partie qui est hors du fourneau et celle qui est dans le feu. Ce fait s'explique très-nettement par les conditions très-différentes de température dans lesquelles se trouvent placées ces deux parties de la cornue; mais la partie qui reste dans le feu résiste très-bien aux changements brusques résultant des charges répétées 6 fois en 24 heures, et peut supporter en outre 2 et 3 mises hors feu.

D'ailleurs, à part quelques carreaux de grandes dimensions, très-plans et d'une assez faible épaisseur, qui dénotent une fabrication très-soignée, mais peut-être exceptionnelle, les produits exposés ne présentent rien de particulier.

La partie la plus intéressante des appareils d'émission, parce qu'elle laisse le plus à désirer, est la canalisation. L'imperfection plus ou moins grande de tous les joints connus donne lieu à des fuites qui atteignent jusqu'à 15 pour 100 avec les tuyaux en fonte ordinaires. M. Arson a remarqué avec intérêt un spécimen de tuyau en fonte de $6^m,10$ de longueur, $0^m,70$ de diamètre et 9 millimètres d'épaisseur exposé par la maison Vander Elst de Braine le Comte.

Ce tuyau est extrêmement droit, d'un diamètre et d'une épaisseur très-régulière; mais il faut se demander si ce n'est pas là un tour de force : il est à craindre que dans la pratique on soit encore bien loin d'atteindre en fabrication courante le résultat indiqué par le spécimen.

Les avantages qu'il présenterait sont évidents. Diminution des pertes proportionnelle à la diminution du nombre des joints, réduction dans les frais d'établissement.

M. Chameroy fabrique couramment des tuyaux en tôle bitumée de 4 mètres de longueur et il a ainsi réalisé sur les tuyaux en fonte ordinaires, qui n'ont que 2,50,

un avantage marqué ; tant il est vrai que le nombre et la qualité des joints ont bien plus d'influence sur la qualité d'une conduite que la matière qui la compose.

L'Exposition n'apporte, croit M. Arson, aucun spécimen nouveau au contingent des joints essayés ou connus jusqu'à ce jour, mais en raison de l'importance que M. Arson attache à leur confection, il faut un examen critique des quelques systèmes les plus en usage et des essais les plus intéressants.

Une conduite étant toujours posée à la température de l'air ambiant, quand on la recouvre de terre elle se refroidit, et sur une grande longueur l'influence de ce raccourcissement est très-sensible. Il faudrait donc que les joints fussent disposés de manière que leur étanchéité ne soit pas modifiée par les changements de longueur des tuyaux, et jusqu'à présent M. Arson ne connaît dans les dispositifs usités que le joint Chameroy qui remplisse assez bien cette condition.

Dans le joint ordinaire au plomb des tuyaux à emboîtement, le plomb coulé n'adhère pas à la fonte, il ne fait pas joint : on n'obtient l'étanchéité que par le matage ; or, le matage n'agit pas loin, le plomb obéit au matoir mais la partie frappée seule se resserre et on n'a qu'une petite étendue de plomb véritablement adhérent. Il est facile de concevoir que ce contact soit détruit par le plus petit mouvement dû au tassement des terres ou à leur variation de température. Aussi a-t-on remarqué que des conduites posées le matin, découvertes le soir, ne présentaient plus de joints absolument.

La Compagnie Parisienne a pris en 1862 un brevet pour un joint spécial, dans lequel l'herméticité était produite avec de fortes tresses de chanvre suiffées ou par du caoutchouc. Ces tresses ou rondelles étaient comprimées dans une sorte de stuffen-box de telle sorte que les tuyaux pouvaient glisser l'un dans l'autre. Un essai fait a donné de bons résultats ; mais il n'a été suivi d'aucune application, bien que la compagnie ait, dès l'origine, laissé tomber son brevet dans le domaine public. Il faut en attribuer la cause, pense M. Arson, à ce que les fonderies ne produisent pas ce joint et ne rendent pas ce système pratique et expérimenté.

Le joint Marigny, dit joint universel, a emprunté à la disposition précédente l'idée du stuffen-box ; mais en ajoutant un cordon saillant à l'extrémité du bout mâle. Ce cordon empêche les tuyaux de glisser l'un dans l'autre et s'il donne un joint plus hermétique et plus résistant que le plomb, il ne résiste pas suffisamment aux changements de longueur qui résultent des variations de la température.

Le joint Chameroy présente une grande supériorité sur les joints usités, comme simplicité d'exécution et comme qualité.

Les tuyaux, en tôle très-mince, sont, à une de leurs extrémités, légèrement évasés, de manière à produire comme une sorte d'emboîtement, à l'intérieur duquel on place une bague métallique fondue et adhérente.

Une bague semblable est fondue et fixée à l'extérieur de l'autre extrémité ; deux sillons circulaires sont creusés sur les surfaces apparentes de ces bagues, dont les diamètres sont d'ailleurs réglés avec une grande exactitude.

Pour faire le joint, on emmanche les deux tuyaux l'un dans l'autre, après avoir enroulé sur le bout mâle deux torons de corde lâche enduite de suif ou de tout autre matière grasse, à l'exclusion du minium ou de la céruse.

Le joint ainsi fait est parfaitement étanche, et on conçoit que les petits mouvements, dus à la température, n'en modifient pas assez les conditions pour le détruire. — Il est du reste bien évident que, dans ce système, la bonté du joint ne tient en aucune façon à la nature du tuyau, qui est en tôle extrêmement mince et sans résistance sérieuse ; mais bien à la constitution du joint en lui-même.

La Compagnie Parisienne adopte maintenant, d'une manière générale, le tuyau Chameroy, et elle est arrivée à réduire ses pertes dans une grande proportion, au profit de tous.

M. Arson pense que l'étanchéité de joint pourrait être appliquée à la fonte, ce qui ramènerait la faveur sur ce genre de tuyaux, bien préférables d'ailleurs à ceux en tôle et comme solidité, et comme durée.

Abordant ensuite l'examen des appareils de consommation, M. Arson dit que l'Exposition n'offre, non plus, rien de neuf en ce qui concerne l'éclairage; mais il a remarqué une nouvelle machine à gaz prussienne d'un système très-original, et qui mérite examen, à cause des résultats qu'elle produit.

M. Arson croit, sans pouvoir l'affirmer, que la machine Hugon, dans toutes les applications et tous les essais faits, a toujours consommé plus de 3 mètres cubes de gaz par force de cheval et par heure.

Dans trois expériences, M. Arson a constaté, pour une machine Lenoir, des consommations de 2^{m},65, 2^{m},80 et 2^{m},81 par cheval et par heure.

La nouvelle machine prussienne produit le même travail avec une consommation de 1^{m},15.

Elle se compose d'un cylindre ouvert, à sa partie supérieure, dans laquelle se meut le piston. — Celui-ci reçoit au bas du cylindre une impulsion vive, par l'explosion du gaz, et est lancé dans le cylindre, où rien ne l'arrête, à la manière d'un boulet de canon. Pendant sa course ascensionnelle, le gaz qui l'a lancé se refroidit, et comme d'ailleurs il a augmenté de volume par le fait de la marche du piston, il se produit un vide partiel qui le rappelle vers le fond du cylindre.

La machine est disposée de manière à n'utiliser pour le travail que la descente du piston. — A cet effet il est muni d'une crémaillère qui agit sur un engrenage. Dans le sens de la montée, l'engrenage est fort; il ne l'est plus dans la descente, et, par suite, il entraîne l'arbre.

La manière dont le mouvement est recueilli sur l'arbre est également originale; M. Arson le trouve trop compliqué; il croit possible de le simplifier.

Telle qu'elle est, cette machine présente le grand intérêt de montrer qu'on peut tirer du gaz un produit bien supérieur à celui qu'on avait constaté jusqu'à ce jour dans les machines françaises. Une autre remarque à faire, c'est que, dans ces dernières, il y a beaucoup de chaleur perdue, il faut employer une grande quantité d'eau pour refroidir le cylindre; ce n'est pas nécessaire avec la machine prussienne : l'espace engendré par le piston est très-grand et la chaleur n'apparaît pas.

Outre l'avantage pratique qui en résulte, on conclut que la machine prussienne utilise mieux la chaleur du gaz; la transformation des calories en dynamies est plus complète.

La machine prussienne ouvre donc une nouvelle voie à l'emploi du gaz, puisqu'elle montre que le calorique qu'il contient peut être utilisé en presque totalité.

M. Arson, revenant ensuite à la question de l'éclairage, mentionne les compteurs qui sont l'objet de soins tout spéciaux dans quelques maisons qui font sortir cette construction du domaine purement commercial, en y apportant le concours d'une pratique éclairée et intelligente; toutefois, les appareils de ce genre, admis à l'Exposition, ne présentent aucune disposition nouvelle méritant une mention spéciale.

M. le Président fait la remarque que la machine prussienne est atmosphérique, puisque le piston ne transmet pas de travail dans son ascension, que le cylindre est ouvert à la partie supérieure, et que, par suite, le piston ne peut redescendre que quand la pression est inférieure à celle de l'atmosphère. — Il demande à M. Arson s'il la croit pratique.

M. Arson ne croit pas la machine pratique à cause de la brutalité de son action et de sa construction compliquée et défectueuse; mais elle offre un grand intérêt en ce qu'elle montre un plus fort produit de gaz que les machines connues.

M. le Président demande si, dans la machine prussienne, l'explosion est de la même nature que dans les machines Lenoir et Hugon.

M. Arson n'y voit pas de différence. L'inflammation y est produite, comme dans les machines Hugon, à l'aide d'un bec de gaz qui consomme à peu près la valeur de deux becs-bougies ordinaires. — C'est une fraction importante de la consommation totale, environ 15 p. 100. — Dans les machines Lenoir on produit l'inflammation par la pile ; mais c'est aussi un moyen coûteux. — Néanmoins, M. Arson ne croit pas, pour cela, qu'il faille renoncer à l'électricité ; seulement il faudrait la produire autrement, soit au moyen d'une petite machine rotative, mue par la machine elle-même : la petite quantité de force consommée ainsi représenterait sans doute moins de gaz que celui qu'on brûle à l'aide du bec.

En ce qui concerne la quantité de gaz nécessaire pour produire le mélange détournant, M. Arson indique les limites de 5 à 10, en dehors desquelles l'explosion ne se produit pas.

M. le Président demande si la machine prussienne a une marche régulière, quelle que soit la quantité de gaz consommé. Il a remarqué que dans les machines françaises la vitesse s'accroissait à mesure que le gaz entrait en plus grande proportion dans le mélange et que l'intensité de l'explosion s'accroissait aussi ; qu'ainsi, avec une plus grande quantité de gaz, l'explosion devient plus longue et qu'il se développe plus de chaleur. Il arrive même que les parties amylacées de l'huile se brûlent et que les pistons broutent.

M. Arson répond qu'il n'a pas fait d'observation directe sur la machine prussienne, mais que, dans les autres machines, quoique le nombre de coups de piston restât à peu près le même, il fallait, pour avoir une bonne marche, conserver la proportion de 6 à 6 1/2 p. 100 de gaz ; au delà le caractère explosif est plus prononcé, la marche devient dure, et il faut régler l'ouverture des robinets.

Dans la machine prussienne, la proportion trouvée la meilleure a été également de 6 à 6 1/2.

M. le Président demande si l'usage des machines à gaz se développe dans Paris.

M. Arson dit que, pour les travaux intermittents et de peu de durée, tels que l'élévation des matériaux dans la construction du bâtiment, leur emploi est devenu très-fréquent.

M. le Président croit que ces machines sont, malgré leur construction trop frêle, susceptibles d'un bon service, et il cite à l'appui de son opinion celles établies au Grand-Hôtel, pour élever l'eau qui alimente les turbines des appareils à monter les voyageurs et les bagages aux étages supérieurs ; ces machines fonctionnent depuis plusieurs années d'une manière satisfaisante, et il vient d'en être établi de semblables à l'Hôtel du Louvre, dans le même but. C'est sans doute à leur grande consommation qu'on doit de ne pas en voir l'usage se répandre davantage.

M. Arson trouve que dans la comparaison des machines à gaz avec les machines à vapeur on ne tient pas suffisamment compte des dépenses d'entretien de la chaudière et de ses accessoires. — M. Arson a cherché à se rendre compte de la valeur de cet entretien pour toutes les machines de la Compagnie Parisienne ; et il a trouvé qu'en moyenne il représentait une dépense égale à celle du combustible.

M. le Président répond que la différence n'est pas constante ; l'entretien pour les petites machines est plus coûteux que pour les grandes, parce que la dépense du chauffeur-mécanicien reste la même jusqu'à une certaine limite.

Revenant ensuite à la question des joints de tuyaux, M. le président fait observer qu'on pourrait appliquer aux conduits le joint à lentille, employé avec beaucoup de succès dans les machines marines, construites par la maison Penn, et dont un spécimen est à l'Exposition. On remarque en effet, dans ce système, que la dilatation peut atteindre jusqu'à un centimètre sur quatre mètres, sans que le joint reçoive aucun effort.

M. Petitgand fait observer, à propos de la composition indiquée par M. Arson, pour la fabrication des cornues à gaz, que la proportion de 50 p. 100 de ciment lui paraît faible. — Il est important alors de savoir si la terre qu'on emploie est siliceuse.

M. Arson répond qu'en effet on se sert de la terre de Montereau, qui est siliceuse.

M. Petitgand demande ensuite si pour faire disparaître l'inconvénient de la rupture des cornues près de la tête, on n'a pas essayé d'employer une composition différente pour cette partie de la cornue. Il pense qu'en diminuant la proportion de ciment et en faisant cuire plus longtemps on arriverait peut-être à diminuer beaucoup le nombre des ruptures, sinon à les faire disparaître entièrement.

M. Courtépée, à l'appui de cette opinion, dit qu'il a vu des plaques réfractaires fabriquées dans des conditions telles qu'on pouvait impunément les plonger dans l'eau à la température blanche.

M. Arson n'a rien vu sous ce rapport qui soit ni inférieur, ni supérieur à ce que fait la Compagnie Parisienne. On fabrique partout d'excellentes cornues, quant à la partie du fond.

Quelquefois, les produits laissent à désirer sous le rapport de l'aspect, comme chez M. Bousquer, à Lyon. — Les cornues fabriquées par cet industriel sont, en effet, blanches, à grain grossier et friables; mais elles sont d'aussi bonne qualité que celles de la Compagnie Parisienne.

M. le Président fait remarquer à M. Arson qu'il n'a rien dit des becs à gaz, et il lui demande s'il n'en a vu aucun de remarquable à l'Exposition.

M. Arson n'a rien vu qui lui paraisse mériter d'être cité. Il dit à ce propos que, pour obtenir du gaz la plus grande somme de lumière possible, il faut le brûler avec un bec ayant des ouvertures assez larges et à une pression aussi faible que possible, trois millimètres suffisent. — Dans ces conditions, la vitesse est faible, et toutes les transformations ont le temps de se produire. Le gaz se décompose en sortant du bec, sous l'influence de la chaleur qui l'environne, le carbone devient libre, se solidifie, s'échauffe au blanc en se combinant à l'oxygène de l'air, et produit la lumière par son rayonnement. Si, au contraire, on brûle avec une forte pression, le gaz sort avec vitesse, l'air ambiant est entraîné dans la flamme, et l'hydrogène carboné est brûlé avant d'avoir pu se décomposer par la chaleur et avant d'avoir abandonné son carbone à l'état solide.

M. le Président a remarqué que depuis quelques années le coke de gaz était devenu meilleur; il demande à M. Arson à quelle cause est due cette amélioration.

M. Arson a constaté le fait, comme M. Flachat; mais il ne trouve aucune cause dans la fabrication qui ait pu amener ce résultat. Il pense qu'on peut l'attribuer à la meilleure qualité du charbon employé.

M. Dallot demande si les fours à coke n'auraient pas contribué à cette amélioration.

M. Arson admet que les fours produisent de meilleur coke que les cornues, et il y a à cela plusieurs raisons : — La charge en grande épaisseur, la distillation lente marchant graduellement de bas en haut, — enfin la précaution qu'on prend de recouvrir la charge du four d'une couche d'environ 10 centimètres carrés de coke pulvérisé, afin d'éviter le bouillonnement de la surface qui boursoufle le coke, et produit une certaine quantité de coke caverneux plus léger que le reste de la masse.

M. Arson développe à cette occasion quelques observations qu'il a faites sur la distillation de la houille en général. Cette distillation s'effectue dans des conditions toujours semblables, quel que soit le procédé employé. — Jusqu'à la température de 350°, il ne se produit aucun changement apparent réel, la composition n'a pas

varié plus que la constitution physique. — De 350 à 400°, la distillation s'opère complétement ; au delà il ne se fait plus que des décompositions partielles du gaz, qui changent la nature des produits, sans augmenter la quantité. Pour obtenir le maximum de gaz, il conviendrait donc d'opérer toujours de 350 à 400°, en marchant lentement; mais si on ne procède pas ainsi dans la fabrication du gaz, c'est que, d'une part, on serait conduit à donner aux appareils de distillation des développements qui ne seraient pas en rapport avec l'excédant de produit obtenu, et, d'autre part, c'est que, sur la fin de l'opération, il convient de développer un excès de chaleur pour que la charge froide qu'on fait succéder à la charge épuisée ne refroidisse pas complétement la cornue et que la nouvelle distillation puisse commencer de suite.

Dans les fours à coke, la température ne s'élève pas immédiatement dans toute la masse, elle marche de bas en haut progressivement, et la distillation marche de même, les dernières couches restant pour ainsi dire intactes jusqu'au dernier moment.

M. Arson rend compte des expériences à la suite desquelles il a reconnu les faits qu'il vient d'indiquer. — Il avait réparti dans la motte d'un four à briques de petits creusets brusqués, assez petits pour être bien sûr qu'ils avaient toujours, au moment où on les observait, la température du milieu ambiant. — La chaleur gagnant successivement et lentement les diverses parties de la motte, on avait toute facilité d'observation.

Les creusets retirés avant 350° montraient bien la houille intacte, tandis qu'au delà de 400° elle ne donnait plus à l'analyse que des traces d'hydrogène.

M. Maldant confirme l'opinion de M. Arson, en ce qui concerne l'utilité d'une vitesse de gaz *très-réduite* à la sortie des becs, pour obtenir la meilleure utilisation du gaz comme consommation et pouvoir éclairant.

Il ajoute que c'est cette pensée qui a donné naissance à un appareil très-utile, connu dans l'industrie du gaz sous le nom de *Régulateur* de consommation. Il demande à M. Arson s'il a remarqué à l'Exposition des régulateurs qui méritent de fixer l'attention, et dont les résultats économiques aient été sérieusement constatés.

M. Arson dit que la Compagnie fait usage d'appareils d'une construction très-simple, et qui pratiquement donnent des résultats très-satisfaisants.— La Compagnie ne se trouve pas placée dans les mêmes conditions qu'un particulier. A celui-ci il faut une pression constante, celle dont il a besoin pour brûler son gaz dans les meilleures conditions possibles. La Compagnie doit, au contraire, faire varier la pression suivant les besoins de la consommation, qui varie elle-même l'été et l'hiver, le dimanche et les jours de la semaine. Il y a même des jours exceptionnels, les fêtes publiques, par exemple, qui exigent un régime spécial. — Enfin, la pression varie, dans la même usine, suivant le rôle qu'elle est appelée à jouer dans l'ensemble de la distribution : si une usine produit moins un jour que l'autre, il faut que ce jour-là les autres fournissent davantage : un régulateur automatique ne peut pas répondre à des besoins aussi variables. Ceux dont se sert la Compagnie se composent simplement d'une cloche dont on fait varier le poids suivant la pression du moment, le gaz arrive dans cette cloche en traversant une ouverture dans laquelle se meut une soupape en forme de cône très-allongé ; si la pression du gaz est trop forte, la cloche se soulève, elle entraîne le cône qui obstrue davantage l'orifice d'introduction, et la pression baisse dans la cloche, le mouvement inverse se produit quand la pression diminue avant le régulateur.

M. Giroud a imaginé un appareil basé sur sur un principe plus rationnel : il prend la pression sur le lieu de consommation même et lui fait régler l'émission par une conduite de retour qui vient jusqu'au régulateur. Mais on aperçoit de suite que cet

appareil n'est pas applicable à une usine qui a de longs parcours de conduite; d'abord il exige une double canalisation coûteuse; ensuite la pression sur le lieu de consommation étant très-faible, les fuites qu'on rencontre sur la conduite de retour font que le gaz arrive près du régulateur après avoir perdu tout ou partie de sa pression.

Il a remédié à cet inconvénient par un système électrique qui règle automatiquement l'ouverture d'émission. Mais M. Arson croit que l'application au service des usines de la Compagnie Parisienne n'en est pas opportune, et à cause de la variabilité du point où se révèle le besoin et à cause du nombre des usines qui doivent y pourvoir.

M. Dallot demande à M. Arson son opinion sur la valeur du joint Delperdange, fait au moyen d'un manchon de caoutchouc, extérieur aux deux tuyaux.

M. Arson dit que c'est un joint mal conçu; le caoutchouc peut être bon s'il n'est pas en contact avec du gaz incessamment renouvelé. Mais ce n'est pas le cas dans le système en question. Les tuyaux n'ont pas souvent le même diamètre; ils ne sont pas, en général, parfaitement circulaires. Ces causes font que dans le joint Delperdange le caoutchouc peut être soumis à des conditions d'extension auxquelles il ne pourra pas satisfaire.

M. Dallot répond qu'il a cependant établi la distribution d'eau de Valenciennes avec des joints de ce système, et qu'il a obtenu une étanchéité parfaite. Il est vrai qu'il avait pris le parti de faire tourner tous les tuyaux.

M. Arson comprend qu'on ait pu réussir par ce moyen, mais il le trouve très-dispendieux et il ne lui paraît pas pratique.

M. le Président remercie M. Arson des développements pleins d'intérêt qu'il a bien voulu donner à sa communication, en répondant libéralement aux questions qui lui ont été faites.

La Société a reçu :

1° De M. Dufrené, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée: *Les droits des inventeurs en France et à l'étranger*, et un exemplaire de sa notice sur *les métaux bruts à l'Exposition universelle.*

2° Les numéros de juillet et d'août du bulletin de l'*Institution of Mechanical Engineer.*

3° De M. Hauchecorne, un exemplaire *des Tableaux statistiques des chemins de fer de l'Europe en exploitation pendant l'exercice* 1864.

4° De M. Trevellini, membre de la Société, un exemplaire de son *Annuaire scientifique et industriel.*

5° De M. Simonin, membre de la Société, un exemplaire de son volume intitulé : *Les pays lointains, notes de voyage (la Californie, Maurice, Aden, Madagascar)*, et un exemplaire de trois livraisons du journal *le Tour du monde*, donnant la *description des mines du Creusot, d'Epinac et des houillères du canal du Centre.*

6° De M. Larpent, membre de la Société, une note sur *les locomotives de l'Exposition.*

7° De M. Mallet, membre de la Société, une note sur *les différents systèmes employés pour la mise à sec des navires.*

8° De M. Urbain, membre de la Société, un mémoire de M. Abadie sur un nouveau régulateur basé sur les propriétés de la Toupie.

COMMUNICATIONS A L'ORDRE DU JOUR.

SÉANCE DU 20 SEPTEMBRE 1867

1° Communication de M. Debauge sur le chemin de fer de Vitré à Fougères.

2° Communication de M. Carré, chef d'escadron d'état-major, sur un condenseur barométrique fonctionnant dans une forge de l'Est.

3° Communication de M. Larpent sur les machines locomotives, à propos de l'Exposition.

4° Communication de M. Pérignon sur les appareils de navigation marine.

5° Communication de M. Guébhard sur l'emploi des freins à vapeur et à air, et sur une nouvelle disposition de frein à vapeur.

6° Communication de M. Belleville sur ses générateurs à vapeur inexplosibles.

7° Communication de M. Urbain, sur un nouveau régulateur basé sur les propriétés de la Toupie, par M. Abadie.

CONVERSATION SUR L'EXPOSITION UNIVERSELLE.

Métallurgie française (suite).
Machines à travailler le bois (suite), par M. Tresca.
Machines marines (*Suite*).
Appareils de fabrication et résistance des cordes.
Des diverses qualités et résistances des cuirs.
Câbles métalliques pour transmission. Hirn.
Traverses métalliques.
Machine de Fell.
Fabrication des huiles de pétrole et de schiste bitumineux. (*Suite*.)

LA SÉANCE COMMENCERA A 8 HEURES 1/2 TRÈS-PRÉCISES DU SOIR.

NOTA. — Les séances de conversation sur l'Exposition universelle sont hebdomadaires; elles auront lieu à l'heure habituelle, les 20 et 27 septembre et les vendredis suivants.

Messieurs les Membres de la Société qui désirent prendre part à ces conversations sont priés de se faire inscrire au secrétariat et d'indiquer les questions qu'ils se proposent de traiter.

Paris. — P.-A. BOURDIER et Cie, rue des Poitevins, 6,
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

en fût résulté d'avaries. C'est exactement aussi le même raisonnement qui fut opposé à Pont-Rémy.

On fit des expériences sur la résistance des tôles, on la trouva de 40 k. par millimètre carré de section ; on ne pouvait donc attribuer l'altération des tôles à leur défaut de qualité.

On essaya des modifications de carneaux et de grille sans aucun résultat.

Enfin, comme il fallait absolument faire fonctionner le haut fourneau, on prit le parti de construire, en remplacement des chaudières déchirées, trois nouveaux générateurs ordinaires à bouilleurs, du type simple et primitif de celles qui, placées dans la houillère, étaient en activité depuis plusieurs années sans donner lieu à des avaries, avec la même eau d'alimentation.

A peu près en même temps qu'on installait ces nouvelles chaudières, on procédait à la remise en feu des précédentes, qui avaient été réparées. Environ au bout de quatorze jours, période pendant laquelle ces dernières furent chauffées avec beaucoup de soin et où l'on fit les observations les plus attentives sur leur pouvoir évaporatoire, il s'est manifesté de nouveau des fuites qui, en peu de temps, se sont accrues au point de rendre le service absolument impossible et d'obliger de nouveau à l'interrompre.

Malheureusement, les résultats n'étaient guère meilleurs avec les trois nouvelles chaudières. Au bout de quarante-huit heures de service, on voyait déjà s'y manifester les conséquences d'un chauffage inégal ou d'un surchauffage des tôles qui se sont révélées par des fuites et l'échappement de l'eau, et dont les actions se sont manifestées par ce phénomène remarquable que le corps, d'une longueur de 14^{m}50, reposant en avant sur la plaque du foyer, se soulevait de 50 millimètres au-dessus de cette plaque, puis redescendait d'une manière tellement sensible, qu'à chaque ouverture des portes de foyer et pendant le chargement du combustible, ce jeu se répétait avec une telle rapidité, qu'on pouvait suivre ses mouvements. Ni une modification dans les rapports de grille, ou celle des carneaux, ni un mode de soutènement ou de suspension de la chaudière n'ont apporté de remède à cet état de choses, et, sans nul doute, les nouvelles chaudières n'eussent pas résisté à la destruction, si, d'un autre côté, on n'était parvenu à saisir sur l'une d'elles un phénomène extérieur qui a mis sur la voie de la découverte du mal qu'il s'agissait de combattre.

Au moment où on venait d'entreprendre sur cette chaudière une nouvelle expérience, sous le rapport de la manière dont il fallait l'encastrer dans la maçonnerie, on entendit, bientôt après l'avoir remise en activité, un bruit sourd et peu après une détonation accompagnée d'un soubresaut violent de la chaudière, comme si elle était sur le point de faire explosion ; on s'empressa donc d'éteindre le feu.

L'observation de ce phénomène fit naturellement conjecturer que pour une cause quelconque, l'eau n'avait plus la faculté de mouiller les parois. Car on avait la certitude absolue que la chaudière n'avait jamais manqué d'eau.

L'attention des ingénieurs était d'ailleurs éveillée par deux notes de M. le docteur Bolley et de M. Schmidt, ingénieur civil à Vienne, qui tous deux avaient signalé le cas où une eau d'alimentation contenant de la matière grasse provenant des machines à vapeur à condensation, avait donné lieu à la destruction des chaudières, et l'on fut conduit à examiner si l'on n'avait pas affaire à un cas analogue.

On rechercha donc la matière grasse dans les résidus de l'évaporation des trois nouvelles chaudières, semblables d'ailleurs à ceux des six précédentes ; on essaya de

déterminer leur nature et l'on reconnut que les bassins d'alimentation contenaient des substances grasses provenant des purges et des eaux de condensation.

Après cette découverte, le choix des moyens pour y remédier n'était plus douteux ; on lava les bassins, les chaudières et tous les conduits en les débarrassant partout de la matière grasse, on ne versa plus dans les bassins d'alimentation les eaux de purge et de condensation, et on ajouta dans l'eau nouvelle ainsi purifiée un peu de soude pour saponifier les matières grasses qui pouvaient être restées sur les parois ou dans les tuyaux.

Ainsi préparées, les nouvelles chaudières furent mises en activité, et depuis ce moment aucune avarie, aucun des phénomènes constatés précédemment ne se reproduisit, le service fut assuré.

De nouvelles additions de soude dans l'eau d'alimentation sont devenues tout à fait inutiles dès que l'on eut réussi à maintenir les chaudières propres et cette eau exempte de toute matière grasse.

Restait à résoudre la question de savoir comment précédemment la matière grasse avait pu produire des avaries si longtemps désastreuses.

L'analyse des poudres et dépôts provenant de l'évaporation dans le premier service des neuf chaudières avariées indiqua une quantité de matières grasses variant de 3 gr. 5 à 5 gr. 5 pour 100 gr. de poudre, et comme élément dominant du carbonate de chaux avec une quantité beaucoup plus faible de carbonate de magnésie ; par conséquent on avait eu affaire à un savon calcaire ou sel gras de chaux et de magnésie résultant des combinaisons de ces bases avec un acide gras.

MM. Farcot ont fait analyser l'eau de Pont-Rémy à l'École impériale des Mines; elle donne environ 0 kil. 330 de résidu par mètre cube, et la composition des sels recueillis dans le générateur est analogue à celle des poudres recueillies dans les neuf chaudières de Silésie ; l'élément dominant est le carbonate de chaux qui, mis en présence de la matière grasse provenant d'un graissage excessif du cylindre et entraînée avec l'eau de condensation, formait le sel gras calcaire, auteur de tout le mal ; en effet, à Pont-Rémy, la pompe alimentaire puisait son eau dans la bâche de sortie du condenseur.

Les ingénieurs allemands, pour éclairer la question de savoir quelle avait pu être l'influence que la matière grasse et les produits qui en dérivaient avaient exercé sur la marche des neuf chaudières à vapeur de M. Borsig, ont fait des expériences directes :

« On a chauffé de l'eau, jusqu'au point d'ébullition, dans une capsule de fer dont la surface, qui se trouvait dans les conditions de la paroi intérieure d'une chaudière, n'était pas entièrement métallique ; puis on y a versé de l'huile qui, par le mouvement tumultueux de l'eau, n'a pas tardé à adhérer en partie et par places aux parois du métal ; alors on observa clairement que les points où l'huile adhérait transmettaient mal la chaleur et se surchauffaient, que le liquide bouillant prenait dans la capsule un volume plus considérable avec des décrépitations et des soubresauts. »

« On a constaté ensuite que l'influence de l'incrustation des parois par le sel gras de chaux est encore plus pernicieuse dans ses conséquences que celle du dépôt de matière grasse ; qu'une incrustation de ce genre adhère avec plus de force que la matière grasse elle-même à la surface des parois, qu'elle conduit très-mal la chaleur. »

« L'expérience bien simple que voici a fait ressortir l'influence de cette substance et la manière dont elle se comporte dans les phénomènes dont il est ici question. On chauffe jusqu'à l'ébullition de l'eau dans une capsule en fer dont la face interne n'est

pas entièrement métallique, puis on verse un peu d'huile à la surface de l'eau à laquelle on ajoute ensuite un peu de chaux délitée en poudre. Il se forme alors un sel gras calcaire dont les portions sont chassées par l'ébullition sur les parois de la capsule. C'est dans les parties brutes et nues des parois internes de cette capsule et principalement dans celles supérieures et près du niveau de l'eau qu'adhère cette substance. En chauffant doucement le bord de cette capsule à la hauteur du niveau de l'eau, on en favorise la précipitation. La masse dépose plus tard et de plus en plus des incrustations semblables sur la paroi interne. Un dépôt de ce genre de sel gras calcaire renfermant un peu de corps gras libre n'est toujours que très-imparfaitement mouillé par l'eau. Si, comme on l'a dit précédemment, une portion de la capsule en est recouverte, on voit, en penchant celle-ci, que dans la plupart de ses points elle n'est plus mouillée et *que le bord de la nappe d'eau paraît dans certaines circonstances affecter une forme convexe.* »

On comprend facilement après cela l'influence désastreuse de ce sel gras calcaire qui empêche les surfaces d'être mouillées et que c'est à lui seul qu'il faut attribuer le surchauffage des tôles, les coups de feu, la disjonction des rivures et la destruction des chaudières ; les ingénieurs allemands pensent même qu'on doit attribuer à ce sel, dans certaines circonstances, l'explosion des générateurs.

La société linière de Pont-Rémy, éclairée sur ses véritables intérêts et sur la nature de la question par le résultat des dernières expériences ainsi que par la connaissance de l'histoire des neuf chaudières de Silésie, s'est bien gardée de changer son générateur tubulaire de 160 mètres, elle le fait fonctionner régulièrement et le considère comme un de ses meilleurs appareils ; on l'alimente avec de l'eau encore calcaire, mais privée de matières grasses.

La série d'incidents et de difficultés qui ont si longtemps accablé MM. Farcot s'est donc terminée pour eux d'une façon heureuse, mais cette suite d'accidents indéfinis, dus à un principe jusqu'alors inconnu, leur a occasionné une dépense de neuf ou dix mille francs, et, les a laissés, pendant plus de six mois, en affront devant un de leurs appareils, hors d'état de pouvoir expliquer son impuissance absolue de fonctionner, et sous le coup d'un refus de réception à la veille de l'Exposition universelle, ce qui est à leurs yeux un mal beaucoup plus grand.

M. Farcot ignore si les ingénieurs allemands de l'usine de Silésie ont pu calculer ce que leur ont coûté les expériences ci-dessus. M. Farcot estime que pour réparer indéfiniment pendant plusieurs mois six grands générateurs, et en construire mal à propos trois autres encore plus grands, en remplacement des premiers détruits, ils ont bien dû dépenser au moins 60 à 70,000 francs.

C'est dans le but d'éviter à d'autres ingénieurs des ennuis et des dépenses analogues que M. Farcot a cru devoir appeler l'attention de la Société sur les articles précités du *Technologiste* et lui faire le récit de ce qui est arrivé à Pont-Rémy.

En résumé, et comme conclusion, MM. Farcot indiquent que c'est le sel gras calcaire qui, à Pont-Rémy, dans leur générateur, de même qu'en Silésie, dans les neuf chaudières de M. Borsig, empêchait les tôles d'être mouillées et produisait la destruction des appareils en quarante-huit heures. C'est là l'ennemi caché ou jusqu'à présent inconnu dont MM. Farcot ont cru devoir signaler l'existence, persuadés qu'ils ont dû être antérieurement en bien d'autres circonstances, pour nombre de constructeurs et d'ingénieurs, la cause de désastres immérités. La formation de ce sel est à craindre toutes les fois que des eaux puisées dans un terrain calcaire se trouvent en présence de matières grasses, et il n'est pas nécessaire pour cela que les eaux soient très-char-

gées de sels minéraux, puisque l'eau de Pont-Rémy ne donne par mètre cube que 0 kil. 330 environ de résidu total, comme l'eau de Seine au pont Notre-Dame, suivant le traité de chimie de MM. Pelouze et Frémy. D'après les analyses des incrustations et poudres extraites des chaudières de Silésie et de celles de Pont-Rémy, MM. Farcot pensent que la formation du sel gras calcaire, en présence toutefois de matières grasses, a lieu surtout, quand les résidus ordinaires d'évaporation sont presque entièrement composés, pour les huit ou neuf dixièmes, par exemple, de carbonate de chaux et de magnésie, de celui de chaux principalement, car c'est là le caractère particulier le plus saillant que présentaient chimiquement les dépôts naturels des générateurs.

M. Le Président signale le vif intérêt qui s'attache à la communication de M. Farcot, il l'en remercie. Il ajoute qu'il est possible que ce soit à des phénomènes de ce genre que l'on doive attribuer la destruction signalée par Murray de chaudières de machines marines munies de condenseurs à surface. Aujourd'hui l'addition fréquente de bi-carbonate de soude servant à saponifier les graisses et huiles transportées dans le condenseur et du condenseur dans les chaudières, et les extractions de matières grasses pratiquées fréquemment dans les chaudières, ont fait disparaître cette source de danger.

M. Ermel rappelle une explosion de chaudière de bateau pour laquelle l'expertise n'a constaté d'autre cause que celle provenant de l'introduction des matières grasses mélangées à l'eau.

On employait un condenseur à surface.

M. Pérignon témoigne son étonnement de ce que les accidents de la nature de ceux indiqués par M. Farcot ne se produisent pas plus souvent.

Les chauffeurs ont l'habitude d'arrêter une ébullition trop tumultueuse en introduisant dans la chaudière une certaine quantité de suif.

Un membre fait observer que, lorsque les machines locomotives sortent neuves des ateliers, elles priment jusqu'à se vider rapidement par l'effet des matières grasses qui y ont été laissées. Mais ce fait n'a pas d'analogie avec ceux qui sont signalés par M. Farcot.

M. Farcot dit que le phénomène dont il a parlé ne se produit qu'avec certaines eaux même peu chargées de matières salines. Les eaux employées à Pont-Rémy ne donnent pas plus de résidu salin que l'eau de Seine, par exemple.

M. le Président remercie de nouveau MM. Farcot, Maldant et Pérignon pour les soins qu'ils ont pris en entretenant la Société de l'importante question des machines à vapeur exposées ; il appelle l'attention sur l'utilité de traiter de nouveau certaines questions qui se rattachent à ces machines et, par exemple, celles des régulateurs à détente variable installés à l'Exposition sur les divers moteurs.

Il cite le régulateur de M. Duvergier, sur lequel il n'a pas pu recueillir de renseignements suffisants et qui lui paraît régler l'admission, depuis la pleine introduction jusqu'à la fermeture totale, quelles que soient les variations des pressions et du travail, suivant les besoins de la marche. Il semble à peu près le seul qui jouisse de cette propriété ; les autres régulateurs n'agissant habituellement qu'après qu'une partie de l'introduction a été réglée à la main.

A part le régulateur de M. Farcot que nous connaissons tous, et qui a frappé les constructeurs étrangers par la perfection de ses effets, il y a celui d'Allen, celui de

la machine Corliss et celui de la machine de Graffenstadten qui est l'application de la détente de J.-J. Meyer.

A peu d'exceptions près, les autres moteurs sont munis d'appareils de détente réglés à la main et de régulateurs conduisant un papillon.

M. le Président ajoute qu'ayant eu l'occasion d'examiner la section américaine, il a été surpris de l'irrégularité du fonctionnement du régulateur placé sur la machine française qui en commande la transmission. Les navettes des métiers restaient fréquemment en chemin.

Il existe, en outre, à l'Exposition, un exemple du régulateur ordinaire de Watt embrayant et débrayant les organes de détente qui sont conduits par le mouvement même de la machine. La machine de Graffenstadten est dans ce cas. Le régulateur est ainsi presque exempt de travail, mais son fonctionnement est plus lent que les régulateurs de MM. Farcot ou d'Allen.

M. Lloyd dit que dans la machine Corliss, citée par M. Flachat, le régulateur n'agit que pour faire déclancher les cames au moment voulu.

M. Lloyd ajoute qu'il s'est aussi aperçu du mauvais fonctionnement de la section américaine, et qu'il a constaté, avec le jury de la classe 52, l'excellent fonctionnement des régulateurs des machines Farcot, alors même que l'on supprimait instantanément toute la charge.

M. Ermel dit que cette irrégularité tient à ce que la machine à faire les clous, placée près de la machine à vapeur, absorbe par instant un travail considérable.

M. Farcot croit que la disposition de la machine Duvergier est peu différente de la machine d'Allen. Il pense que dans les appareils de ce genre, le mouvement de fermeture est moins prompt qu'ordinairement, l'excentrique ou son équivalent étant déplacé angulairement pour donner l'avance nécessaire.

M. Farcot dit ensuite que sa machine de la section suisse conduit des métiers prenant beaucoup de force, et que l'on peut remarquer la rapidité avec laquelle le régulateur obéit à ces différences de résistance ; que la vitesse de la machine ne change pas lorsque l'on supprime subitement toute résistance, au moyen d'un manchon spécial à débrayage instantané dont on se sert dans certaines usines en cas de danger ou d'accidents.

Il ajoute que dans les machines élévatoires du quai d'Austerlitz, la conduite de refoulement s'étant rompue, le travail demandé à la machine est devenu brusquement nul sans que les machines aient changé sensiblement d'allure au moment même de l'accident, alors qu'elles eussent été brisées indubitablement sans l'action immédiate du régulateur, étant à balanciers et de 120 chevaux chacune.

Des expériences du même genre ont été faites sur une de ses machines de l'Exposition devant le jury de la classe 52, en débrayant brusquement toute la transmission.

M. Farcot répète en partie ce qu'il a dit dans une des précédentes séances, sur l'isochronisme de certains pendules qui, théoriquement, régleraient bien sans charge, mais qui ne sont plus isochrones lorsqu'on exerce sur eux des résistances un peu considérables. Il fait au tableau une épure d'une des dispositions adoptées par lui dans le principe, et qu'il a fallu transformer et compliquer pour remplir toutes les conditions du problème.

En ce qui concerne les régulateurs agissant sur des embrayages, M. Farcot ajoute que le temps nécessaire pour que la transmission ait lieu est alors considérable, et que le régulateur est paresseux et inefficace.

M. Farcot donne aux régulateurs et notamment à leurs boules, des dimensions un peu fortes pour éviter que les négligences des chauffeurs, au point de vue de l'entretien et de la propreté des différentes articulations et pièces frottantes, ne puissent nuire par trop à la sensibilité de l'appareil et au bon fonctionnement de la machine.

MM. Carcuac, Lacretelle, de Rainneville, Roques, Salesse, Urbain, Behrens, Brodard, Dezelu, Montouan, Mœrath, Loiseau et Vignier ont été reçus membres sociétaires et M. Luck membre associé.

M. Petitgand fait observer, à propos de la composition indiquée par M. Arson, pour la fabrication des cornues à gaz, que la proportion de 50 p. 100 de ciment lui paraît faible. — Il est important alors de savoir si la terre qu'on emploie est siliceuse.

M. Arson répond qu'en effet on se sert de la terre de Montereau, qui est siliceuse.

M. Petitgand demande ensuite si pour faire disparaître l'inconvénient de la rupture des cornues près de la tête, on n'a pas essayé d'employer une composition différente pour cette partie de la cornue. Il pense qu'en diminuant la proportion de ciment et en faisant cuire plus longtemps on arriverait peut-être à diminuer beaucoup le nombre des ruptures, sinon à les faire disparaître entièrement.

M. Courtépée, à l'appui de cette opinion, dit qu'il a vu des plaques réfractaires fabriquées dans des conditions telles qu'on pouvait impunément les plonger dans l'eau à la température blanche.

M. Arson n'a rien vu sous ce rapport qui soit ni inférieur, ni supérieur à ce que fait la Compagnie Parisienne. On fabrique partout d'excellentes cornues, quant à la partie du fond.

Quelquefois, les produits laissent à désirer sous le rapport de l'aspect, comme chez M. Bousquer, à Lyon. — Les cornues fabriquées par cet industriel sont, en effet, blanches, à grain grossier et friables; mais elles sont d'aussi bonne qualité que celles de la Compagnie Parisienne.

M. le Président fait remarquer à M. Arson qu'il n'a rien dit des becs à gaz, et il lui demande s'il n'en a vu aucun de remarquable à l'Exposition.

M. Arson n'a rien vu qui lui paraisse mériter d'être cité. Il dit à ce propos que, pour obtenir du gaz la plus grande somme de lumière possible, il faut le brûler avec un bec ayant des ouvertures assez larges et à une pression aussi faible que possible, trois millimètres suffisent. — Dans ces conditions, la vitesse est faible, et toutes les transformations ont le temps de se produire. Le gaz se décompose en sortant du bec, sous l'influence de la chaleur qui l'environne, le carbone devient libre, se solidifie, s'échauffe au blanc en se combinant à l'oxygène de l'air, et produit la lumière par son rayonnement. Si, au contraire, on brûle avec une forte pression, le gaz sort avec vitesse, l'air ambiant est entraîné dans la flamme, et l'hydrogène carboné est brûlé avant d'avoir pu se décomposer par la chaleur et avant d'avoir abandonné son carbone à l'état solide.

M. le Président a remarqué que depuis quelques années le coke de gaz était devenu meilleur; il demande à M. Arson à quelle cause est due cette amélioration.

M. Arson a constaté le fait, comme M. Flachat; mais il ne trouve aucune cause dans la fabrication qui ait pu amener ce résultat. Il pense qu'on peut l'attribuer à la meilleure qualité du charbon employé.

M. Dallot demande si les fours à coke n'auraient pas contribué à cette amélioration.

M. Arson admet que les fours produisent de meilleur coke que les cornues, et il y a à cela plusieurs raisons : — La charge en grande épaisseur, la distillation lente marchant graduellement de bas en haut, — enfin la précaution qu'on prend de recouvrir la charge du four d'une couche d'environ 10 centimètres carrés de coke pulvérisé, afin d'éviter le bouillonnement de la surface qui boursoufle le coke, et produit une certaine quantité de coke caverneux plus léger que le reste de la masse.

M. Arson développe à cette occasion quelques observations qu'il a faites sur la distillation de la houille en général. Cette distillation s'effectue dans des conditions toujours semblables, quel que soit le procédé employé. — Jusqu'à la température de 350°, il ne se produit aucun changement apparent réel, la composition n'a pas

Paris et aux grandes usines centrales de l'Empire, accompagné de Berthollet, Monge et Chaptal, ayant pour objet d'inaugurer une exposition des produits industriels de la France.

Cinquante ans plus tard, l'illustre Prince Albert, Président de la Société des arts de Londres, a conçu l'idée d'une exposition dans laquelle les industries du monde entier seraient représentées. Cette idée fut réalisée à Londres, en 1851. Depuis lors ces expositions ont été renouvelées de temps en temps, et ont finalement culminé dans ce vaste projet, l'exposition de Paris, 1867, que nous venons visiter aujourd'hui.

On a bien dit que notre siècle est le siècle des expositions, où nous commençons à reconnaître les arts de la paix s'efforçant d'assurer leur prééminence sur ces guerres et ces jalousies entre les nations qui ont si péniblement contribué à obscurcir les temps passés et à troubler la paix du monde.

Nous voyons donc avec la plus vive satisfaction, que notre profession contribue essentiellement à ces grands travaux qui ont pour but la consolidation de cette paix, sur le développement de laquelle les nations principales de l'Europe sont si heureusement d'accord.

Cette concurrence amicale, dont les proportions grandissent à chaque nouvelle exposition, est de nature à développer de plus en plus les lumières qui l'ont fait naître. Pour la première fois, nous voyons comme part d'une exposition internationale, le monde extérieur de la nature mis en accord avec les produits de l'art et de la science ; et je suis convaincu que chacun reconnaîtra que c'est un attrait nouveau donné à ces entreprises qu'il serait désirable de voir assurer pour l'avenir. Si on recherche les preuves pour démontrer la force morale exercée par ces expositions sur l'opinion publique, on les trouvera de suite dans cette fascination qui attire tant d'illustres personnages à votre grande capitale, et dans cette foule innombrable de visiteurs qui arrive de chaque partie du monde pour contempler les produits du génie et de l'industrie de l'homme. Les têtes couronnées se courbent devant ces principes qui font la vraie prospérité des nations, et dont la reconnaissance peut seule assurer à un pays la sécurité et le bonheur.

C'est un sujet d'orgueil légitime pour notre profession, que plus nous réfléchissons sur les traits caractéristiques de notre siècle, plus clairement nous pouvons observer les influences importantes que nos travaux exercent sur le progrès de la civilisation.

L'étude seule de ces vastes et magnifiques constructions dont le monde a été enrichi pendant ce dernier siècle a largement contribué à l'élévation et au perfectionnement de notre société moderne. Allant de front avec ces travaux, nous devons constater que plusieurs des découvertes les plus merveilleuses de la science se sont réalisées. Le monde entier est redevable à plusieurs de vos éminents compatriotes pour des découvertes qui déjà exercent une notable influence dans ses affaires.

En vous accordant ce tribut d'hommage pour le zèle infatigable couronné de succès de vos éminents philosophes, vous me permettrez d'ajouter que, nous aussi, nous avons tâché de contribuer au bien-être commun. Le plus grand triomphe des temps modernes que nous ayons à constater est l'établissement d'une communication électrique entre l'ancien et le nouveau monde.

Comme un des exposants des progrès de la civilisation, nous devons dire un mot sur la locomotive, dont le perfectionnement est un des résultats de ces expositions internationales. Autrefois, l'Angleterre fournissait des locomotives à la France : aujourd'hui la France en fournit à l'Angleterre. Nous ne voulons préciser si cette alternation doit s'attribuer à ces grèves nombreuses qui ont eu lieu dernièrement en Angleterre, et à la désorganisation conséquente entre le travail et les capitaux, ou bien à une organisation plus saine et plus économique dans le système manufacturier de la France. Il est évident que nous ne sommes pas, sous ce rapport, au niveau de l'occasion, et pourtant nous réclamons l'honneur d'avoir les premiers travaillé à établir ce réseau merveilleux de chemins de fer qui intersectent le globe. Souvent l'idée m'est venue, autant que je puis fonder une opinion sur une expérience personnelle, que le système adopté dans les grandes usines en France et en Belgique est mieux organisé que chez nous, et cela seul peut expliquer ces résultats. Pendant plusieurs années je me suis procuré des échantillons de fer provenant du continent, que nos grands maîtres de forge ne sauraient produire en égale perfection.

Toutefois comme illustration du progrès achevé dans les sciences pratiques en Angleterre, je puis constater qu'en 1824 la première locomotive construite par Georges Stephenson, ne marchait que 6 miles anglais à l'heure. En 1839 nous avons atteint une vitesse de 37 miles à l'heure et à présent nous avons des locomotives qui font leurs 70 miles à l'heure. Ces faits indiquent l'immense progrès des arts mécaniques dans ce demi-siècle, et le développement dont ils sont encore capables. Les bienfaits énormes qui ont échu à tous les pays par l'institution des chemins de fer serviront dans l'avenir à caractériser le siècle dans lequel nous vivons. Ils nous fournissent des moyens extraordinaires pour abréger le travail, pour faciliter les opérations du commerce, conséquemment l'acquisition des capitaux, et cette communication rapide qui ne pouvait être atteinte par aucun autre moyen, a opéré un changement complet dans les conditions et dans le caractère de la Société.

Bien que comblé de tous les éléments dont la création est possible pour rendre la vie agréable et pour nous donner une meilleure idée de l'avenir, le monde livré aux passions mal inspirées de l'homme a été maintes fois tourné en désert, et les plus belles perspectives ont paru flétries et détruites ; à cette heure, partout où nous jetons nos regards, nous voyons les confins de la nature reculer devant l'invincible progrès du génie de l'homme. D'un côté on perce les montagnes pour préparer

le chemin pour cet avant-coureur de la civilisation, la locomotive. D'un autre côté on s'efforce de lier deux vastes océans dont l'union subite pourrait même ébranler l'équilibre de l'univers. Les uns s'élancent hardiment dans les airs tandis que d'autres cherchent à accélérer les communications entre les pays séparés par de vastes distances et par les mers.

De tous côtés nous voyons surgir autour de nous de grands ouvrages de construction et d'utilité publique, des réseaux de chemins de fer, des ponts et chaussées, des viaducs, des aqueducs qui contribuent à changer les conditions et la face du monde matériel. Nous sommes aussi les architectes dont la mission est de réparer les dévastations du temps et de renouveller et sauvegarder les choses matérielles contre le délabrement.

Certainement il est dû à ceux qui sont préoccupés de ces travaux surtout à ceux qui ont atteint quelque éminence dans leur profession, de recevoir l'hommage de ceux qui, marchant sur leurs traces, savent apprécier les obstacles qu'ils ont eu à surmonter avant que le rêve de l'art ait pu réaliser en fer et en pierre, ces monuments de l'histoire contemporaine.

C'est avec ce sentiment d'admiration, M. le Président, que nous vous présentons cette adresse, reconnaissant en vous un homme dont la carrière illustre a été vouée à ces objets qui méritent l'éloge et l'appréciation de vos compatriotes et de notre Société. Ces travaux acquièrent une renommée qui dure au delà du tombeau, et la postérité en chérira le souvenir.

M. le Président, à vous, comme aux autres membres de votre Société, nous vous souhaitons bonheur et succès pour achever ces grandes œuvres que l'histoire nous apporte comme un à compte sur une ère future.

En concluant les observations que j'ai l'honneur de vous adresser, il m'est impossible de ne pas rendre hommage à l'inspiration merveilleuse donnée par votre illustre souverain, à toute entreprise de nature à servir les exigences du bien public, soit en France, soit ailleurs. C'est à votre auguste Empereur que nous devons attribuer la promulgation de ces sentiments de paix qui semblent à présent prévaloir parmi les autres nations et pays limitrophes. Espérons que la Providence divine lui réserve une longue suite d'années, et que la postérité reconnaisse que son règne a été mémorable et marqué par la réalisation de ce noble et généreux sentiment : « L'Empire c'est la paix. »

RÉPONSE

DU PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE A L'ADRESSE DE M. M. W. H. LE FEUVRE, PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE LONDRES.

Monsieur le Président,

Je vous remercie, au nom de la Société que j'ai l'honneur de présider, de la bonne pensée exprimée en termes si heureux de rendre les rapports des ingénieurs en France et en Angleterre plus fréquents et plus intimes.

L'Exposition universelle était une belle occasion à ce rapprochement, et nous vous exprimons notre reconnaissance de l'avoir saisie.

Ainsi que vous le dites, notre tâche est la même et la similitude du but est un lien entre nous.

Ce lien, l'Exposition universelle doit le resserrer, car elle prouve brillamment que le progrès technique est le premier de tous dans l'industrie comme dans les travaux et les services publics; qu'il n'y a d'espoir de développement du travail que par lui, et que notre profession, étant appelée à y vouer son activité et son instruction, prend dans ce progrès la part la plus large.

La plus haute signification de l'Exposition, c'est l'amélioration du travail dans toutes les branches par un plus grand emploi de l'intelligence de l'homme et un moindre emploi de sa force musculaire.

En réduisant l'intervention de l'homme dans les travaux manuels, à l'adresse et au jugement, le niveau de l'égalité dans les moyens de produire se répand. Le faible peut produire autant que le fort. La femme autant que l'homme, le foyer de la famille aussi bien que l'atelier de l'artisan, et l'atelier de l'artisan aussi bien que la grande fabrique.

Ce que l'Exposition révèle, c'est un immense progrès dans l'art mécanique, progrès qui s'annonce par une variété infinie d'outils et d'instruments pour toutes les forces individuelles, pour le travail isolé, comme pour l'usine.

Devant l'extension considérable des grandes manufactures, l'économie politique avait entrevu dans ce groupement des forces humaines le motif de vives inquiétudes sur l'influence morale que ces fortes aggloméra-

tions exerceraient sur la famille dans les classes ouvrières. Telle ne semblait pas devoir être la loi constitutive du travail industriel, puisqu'elle pouvait conduire à d'aussi funestes conséquences que celle de la séparation de tous les membres de la famille.

Or, on ne peut méconnaître que l'Exposition prouve plus de tendance à ramener le travail au foyer de la famille et à l'atelier de l'artisan qu'à la grande fabrique.

Les moteurs se subdivisent à l'infini jusqu'à une fraction de la force de l'homme, comme si l'enfant lui-même ne devait plus être occupé à manœuvrer la pédale du ventilateur, du tour ou du polissoir.

Ces considérations sont ici à leur place parce qu'elles dérivent explicitement du but de votre Société et du personnel qui la compose.

Entre les diverses sociétés d'ingénieurs qui se sont formées en Angleterre, celles qui ont le plus exclusivement pour base les arts mécaniques au point de vue des travaux manufacturiers sont celles dont la vitalité semble la plus forte; j'y vois deux causes : la première, c'est qu'elles sont sollicitées par des besoins plus étendus et plus incessamment renouvelés; la seconde, parce que le personnel se recrute incessamment parmi les hommes que les ateliers ont formés. Ces hommes, nécessairement doués de l'instruction, sans laquelle ils n'auraient ni la confiance de leur clientèle, ni celle de leurs contre-maîtres et ouvriers, sont les aides les plus utiles de l'ingénieur; ils le complètent autant par leur situation industrielle que par le concours expérimental qu'il en attend. L'ingénieur les place à côté de lui parce que ce sont ceux qui le comprennent le mieux, ce sont ses successeurs naturels. Une société d'ingénieurs qui les exclurait, périrait dans son germe même, tandis que celle qui les admet, étend sa sphère d'influence et d'action, autant par ce qu'elle donne que par ce qu'elle reçoit.

Les diverses sociétés d'ingénieurs fondées en Angleterre ont donné cet exemple; elles se sont rappelé en cela leur origine : Telford et G. Stephenson étaient les types vaillants des hommes que leur génie propre portait à apprécier l'instruction dont ils avaient manqué au début de leur carrière, bien plus que les forces intellectuelles qu'ils sentaient en eux-mêmes. Toute leur vie fut une longue étude accompagnée d'admirables applications.

Vos ingénieurs suivent ces fortes traces, il se forment eux-mêmes pour la plupart, et ceux qui surgissent et acquièrent une certaine notoriété publique n'arrivent qu'avec la double garantie de l'expérience et de l'instruction.

Aujourd'hui que la profession d'ingénieur est devenue trop vaste par l'étendue de ses applications, elle a dû se diviser par spécialités, et, bien que cette division même ne puisse être absolue, on peut dire, sans risque d'erreur, que la mécanique prend les devants par son importance et sa généralisation. C'est pour cela que nous voyons des sociétés d'ingé-

nieurs mécaniciens se former en Angleterre, dans tous les grands centres d'industrie et y prendre une importance considérable.

Notre Société a imité votre exemple. Elle puise son principal élément dans les ingénieurs sortis des écoles savantes, mais elle accueille avec empressement les hommes d'expérience qui se sont ouverts à eux-mêmes les portes de la profession, et elle se met ainsi comme vous en constant rapport avec les grands centres du travail manufacturier, avec les grands ateliers de travaux publics, élargissant ainsi, dans de justes limites, ses relations entre hommes intéressés à se connaître et à se rapprocher.

Ainsi s'est créé parmi nous un échange heureux. Il n'est presque pas un grand atelier, une grande usine, où nos sociétaires ne trouvent accueil et renseignements près d'un confrère et c'est ce résultat qui m'amène à témoigner ici, au nom de tous les membres qui composent notre Société, notre reconnaissance pour les sociétés anglaises qui nous ouvrent si cordialement tous les moyens d'accès lorsque nous allons étudier dans votre pays vos établissements industriels.

Depuis longues années cet accueil bienveillant fait à tous ceux qui l'ont réclamé a créé le lien de mutuel concours que l'Exposition va resserrer encore par des relations personnelles plus fréquentes.

Il y a un autre point par lequel vos sociétés se recommandent à tous les ingénieurs du monde, c'est l'aliment qu'elles fournissent à la publicité technique par la description des procédés de production. Ce qu'elles font pour leur propre pays est avidement recueilli chez les autres nations. Par son admirable publicité technique l'Angleterre a prouvé que l'avantage dans les relations commerciales revient naturellement, non pas à la nation qui garde le secret de ses procédés de travail, mais à celle qui les publie.

Mieux que personne nous apprécions la valeur de cette leçon. Chez nous de grandes et savantes Administrations, celle de la fabrication des armes, celle de la construction des navires, ce que nous appellerions les industries de l'État, s'isolent et ne donnent rien à la publicité des progrès qui pourraient se traduire avec tant d'avantages.

Chez vous et ailleurs, ces mêmes arts, incessamment sollicités par leur propre publicité, reçoivent et répandent la bienfaisante influence du progrès qu'ils réalisent.

L'Exposition anglaise a cela de très-remarquable et de très-fécond, qu'elle apprend plus sur les agents de la production que sur les produits eux-mêmes et votre publicité technique est le reflet de cette direction.

Je ne terminerai pas cette réponse à votre bienveillante adresse sans vous remercier du vœu qui la termine. La paix est le plus grand des biens et le Gouvernement qui la donne a droit à notre reconnaissance. Entre les peuples civilisés, la paix n'existe qu'à trois conditions : l'hon-

neur de la nation, sa puissance, et le développement du travail. Notre Gouvernement s'est donné ce triple but; le vôtre suit la même ligne et la conséquence est une alliance intime entre les deux peuples. Cette alliance fera incessamment la boule de neige et les peuples y entreront à mesure que le travail se développera chez eux au même degré, car c'est le travail qui crée les intérêts impérissables. Il est la voie de la Providence, les Gouvernements qui sauront nous y guider et nous y maintenir auront fondé une nouvelle ère.

RACCORDEMENT PARABOLIQUE DES VOIES DE FER COURBES.

ANNEXES

AU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 5 AVRIL 1867 (page 233).

I

Ordre de service n° 29 concernant le raccordement des courbes sur les lignes de Commentry à Gannat et de Fournaux à Aubusson.

(Réseau central de la Compagnie d'Orléans.)

Sur les sections projetées au rayon de 300 mètres et non encore commencées, de Commentry (la Bouble) à Gannat et de Fournaux à Aubusson, les prescriptions de l'instruction n° 14, relative à l'application des types (Art. 1er et 21), et de l'instruction n° 16, pour la pose de la voie (Art. 4), seront modifiées, en ce qui concerne le dévers et le raccordement des courbes, conformément à ce qui suit :

ARTICLE 1er. — DÉVERS.

Tableau n° 1.

RAYON.	DÉVERS.	OBSERVATION.
300 mètres.	15 centim.	Dévers calculé d'après la formule $\frac{45}{R}$.
350 —	13 » —	
400 —	11.2 —	
500 —	9 » —	
600 —	7.5 —	
700 —	6.4 —	
800 —	5.6 —	
1.000 —	4.5 —	
1.200 —	3.7 —	
1.500 —	3 » —	
2.000 —	2.2 —	

Aux extrémités des courbes, le dévers sera raccordé par des plans

inclinés dont l'étendue correspondra, dans le tracé en plan, à des arcs de parabole présentant en chaque point une courbure en harmonie avec le dévers, c'est-à-dire conforme au tableau qui précède.

Art. 2. — Définition et propriétés de la parabole.

La parabole à employer est indiquée par l'épure (Fig. 1, PL. 84).

Ses ordonnées croissent en raison des cubes des abscisses. Ainsi, à 20 mètres, l'ordonnée n'est que le 1/8e de l'ordonnée à 40 mètres; à 4 mètres, l'ordonnée n'est que le 1/1000e de celle à 40 mètres, etc.

La sous-tangente est toujours égale au tiers de l'abscisse, c'est-à-dire qu'une tangente menée au piquet 36, par exemple, va couper la base au piquet 24, etc.

Le rayon de courbure est infini à l'origine de la parabole et décroît ensuite en raison inverse des abscisses[1]; il est de 1,200 mètres au piquet 10, de 600 au piquet 20, de 300 au piquet 40, c'est-à-dire à 40 mètres de l'origine, etc.

La déclivité du rail extérieur par rapport au rail intérieur, sera uniforme dans toute l'étendue de la parabole, savoir (en raison du dévers adopté): $= \frac{45}{12.000} = 0.00375$.

Art. 3. — Raccordement entre un arc de cercle et une droite.

La longueur à donner au raccordement parabolique pour passer d'une droite à un rayon voulu résulte directement de l'épure (Fig. 1, PL. 84).

La moitié de cette longueur doit être prise sur l'arc de cercle à raccorder, et l'autre moitié sur la tangente primitive.

Dans la figure 2 (Pl. 84), ABC est l'arc de cercle à raccorder, AD sa tangente, OB le raccordement parabolique; il faut donc que AB = AD, étant d'ailleurs entendu qu'en pratique, eu égard à la faible étendue des arcs, on considèrera DB comme égal à OB et à OB'.

La tangente à l'arc de cercle primitif TDA est écartée de la tangente à la parabole UO d'une quantité DO que nous appellerons le déplacement latéral et désignerons par m. Ce déplacement latéral est égal au tiers de la flèche AE ou f, soit au quart de l'ordonnée extrême y' de la parabole.

Voici les valeurs numériques :

1. Nota. Cette loi, suffisamment exacte dans les limites de la pratique, cesse de l'être pour de grandes abscisses.

Tableau n° 2.

RAYON de l'arc de cercle à raccorder. R.	LONGUEUR du raccordement parabolique. p.	DÉPLACEMENT latéral. m.	OBSERVATIONS.
300m.	m. 40. »	m. 0.222	$p = \frac{12.000}{R}$.
350	34.28	0.140	$m = \frac{p^2}{24\,R}$.
400	30 »	0.094	
450	26.67	0.066	
500	24 »	0.048	
600	20 »	0.028	
700	17.14	0.017	
800	15 »	0.012	
900	13.33	0.008	
1.000	12 »	0 006	
1.200	10 »	0.003	
1.500	8 »	0.002	
2.000	6 »	0.001	

Les extrémités du raccordement parabolique étant ainsi parfaitement déterminées, on peut opérer le tracé des points intermédiaires de trois façons différentes :

1° A l'aide de la figure 1. Il faut s'assurer, en ce cas, que l'ordonnée finale y' est bien d'accord avec l'ordonnée de l'arc de cercle mesurée sur place ;

2° En partant de y', mesurée sur place, et en calculant les ordonnées intermédiaires par les cubes des abscisses, comme il est dit à l'article 2.

Voici les rapports numériques invariables dans les deux cas d'une division en quatre et en six parties égales :

$$x = \quad \frac{1}{4} \qquad \frac{1}{2} \qquad \frac{3}{4}$$

$$y = \begin{cases} \frac{1}{64} & \frac{1}{8} & \frac{27}{64} \\ 0.0156 & 0.1250 & 0.4219 \end{cases}$$

$$x = \quad \frac{1}{6} \qquad \frac{2}{6} \qquad \frac{3}{6} \qquad \frac{4}{6} \qquad \frac{5}{6}$$

$$= \begin{cases} \frac{1}{216} & \frac{1}{27} & \frac{1}{8} & \frac{8}{27} & \frac{125}{216} \\ 0.0046 & 0.0370 & 0.1250 & 0.2963 & 0.5785 \end{cases}$$

3° En calculant directement l'écart e entre l'ancien tracé DAB et le nouveau tracé OB. Cet écart est donné par les formules suivantes, où les abscisses x sont toujours comptées à partir de O.

Pour la partie DA, $e = m \left[1 - 4\left(\frac{x}{p}\right)^3\right]$

Id. . . . AB, $e = m \left[1 + 3\left(\frac{2x - p}{p}\right)^3 - 4\left(\frac{x}{p}\right)^3\right]$

et numériquement, par le tableau suivant, dressé pour le cas de la division de la longueur du raccordement en six parties égales.

Tableau n° 3.

RAYON de la courbe à raccorder. R.	ÉCARTEMENT des piquets. $\frac{1}{6}p$	ÉCART ENTRE LA PARABOLE ET LE TRACÉ PRIMITIF. $e_0 = m$	$e_1 = \frac{53}{54}m$	$e_2 = \frac{23}{27}m$	$e_3 = \frac{1}{2}m$	$e_4 = \frac{4}{27}m$	$e_5 = \frac{1}{54}m$	e_6 = zéro.
300m.	6m.667	0m.222	0m.218	0m.189	0m.111	0m.033	0m.004	zéro.
350	5 .713	0 .140	0 .137	0 .119	0 .070	0 .021	0 .003	»
400	5 .000	0 .094	0 .092	0 .080	0 .047	0 .014	0 .002	»
450	4 .445	0 .066	0 .065	0 .056	0 .033	0 .010	0 .001	»
500	4 .000	0 .048	0 .047	0 .041	0 .024	0 .007	0 .001	»
600	3 .333	0 .028	0 .027	0 .024	0 .014	0 .004	0 .001	»
700	2 .857	0 .017	0 .017	0 .014	0 .009	0 .003	0 .000	»
800	2 .500	0 .012	0 .012	0 .010	0 .006	0 .002	0 .000	»
900	2 .222	0 .008	0 .008	0 .007	0 .004	0 .001	0 .000	»
1.000	2 .000	0 .006	0 .006	0 .005	0 .003	0 .001	0 .000	»

On retiendra que la parabole passe exactement au milieu de l'intervalle AF, et que de B en A la parabole s'écarte autant de l'arc de cercle que de O en F elle s'écarte de sa base OFX.

Art. 4. — Raccordement de deux arcs de cercles contigus.

Le tableau n° 2 fournit aussi, au moyen de simples soustractions, les éléments relatifs au raccordement entre deux arcs de cercle juxtaposés. Ainsi, pour raccorder les deux rayons de 300 mètres et de 1,000 mètres, la longueur du raccordement devra être de $40^m - 12^m = 28^m$, et le déplacement latéral de $0^m.222 - 0^m.006 = 0^m.216$.

La parabole de raccordement (Fig. 3) sera d'ailleurs à cheval sur l'ancien point de juxtaposition, moitié en deçà, moitié au delà, et y passera au milieu du déplacement latéral.

Art. 5. — Mode de réaliser les déplacements latéraux.

Pour réaliser ce que nous avons appelé les déplacements latéraux, la voie, au lieu d'être posée dans l'axe du tracé, sera dans toutes les courbes (Fig. 4) ripée vers le centre, de la quantité m indiquée dans le tableau n° 2.

Dans les courbes de 300 à 500 mètres de rayon, le profil des terrassements et les ouvrages d'art seront, à cet effet, implantés en dehors de l'axe.

Dans les courbes supérieures à 500 mètres, les terrassements et ouvrages d'art (à l'exception toutefois des tabliers métalliques inférieurs) pourront conserver leur position symétrique, par rapport aux piquets, sauf à tenir compte du déplacement latéral au moment de la pose de la voie.

Le déplacement parallèle s'arrêtera d'ailleurs à la distance $\frac{1}{2}p$ (tableau n° 2) avant l'extrémité primitive des courbes. A partir de ce point, le déplacement ira en décroissant, de façon à être réduit à moitié à l'ancien point de tangence et mourir à $\frac{1}{2}p$ au delà.

Il va de soi que pour l'exécution de la plate-forme, il est complètement inutile de tracer la parabole, et qu'on la remplacera provisoirement par un raccordement polygonal.

Art. 6. — Alignements trop courts.

Pour pouvoir donner aux raccordements les longueurs indiquées au tableau 2, les droites, intercalées entre deux courbes inverses, doivent avoir une longueur au moins égale à la moyenne arithmétique entre les longueurs p correspondant aux rayons à raccorder. Ainsi, deux courbes de 300 mètres doivent être séparées par des droites d'au moins 40 mètres, et entre une courbe de 300 et une courbe de 500 mètres, la longueur doit être égale ou supérieure à $\frac{40+24}{2} = 32$ mètres.

Quand, au contraire, les deux courbes sont dans le même sens, la longueur de la droite intercalaire peut être aussi petite qu'on voudra, pourvu qu'on l'efface ensuite par le raccordement. Voici, à cet effet, le procédé à suivre :

En introduisant un rayon R entre les deux courbes R′ et R″ (Fig. 5), séparées par la droite t, on a les formules suivantes (en ne considérant toujours que des arcs de faible étendue) :

$$s = s' + t + s''.$$

$$\frac{t}{t''} = \frac{s''+t''}{s'+t'} = \sqrt{\frac{R-R''}{R-R'}}$$

$$s = \frac{tR}{\sqrt{(R-R')(R-R'')}}$$

Il faut que cet arc s, au rayon R, soit assez grand pour contenir la demi-longueur de chacun des deux raccordements entre les rayons R' et R et les rayons R et R'', conformément à l'article 4. Cette condition peut toujours être remplie en prenant R suffisamment petit.

Exemple : Soient $R' = 500$; $R'' = 300$; $t = 20$ mètres.

Si on prend $R = 1.500$, on trouve $s = 27^m40$. Or, le raccordement entre les rayons 500 et 1.500 exige $24^m - 8^m = 16^m$, et celui entre les rayons 300 et 1.500 une longueur de $40 - 8 = 32$; l'arc s aura donc une longueur plus que suffisante, et il en restera, après déduction des deux demi-raccordements :

$$27^m40 - \frac{16+32}{2} = 3^m40.$$

ART. 7. — COURBURE A DONNER AUX RAILS.

Bien que la courbure de la parabole varie d'un point à l'autre, il suffit de courber chaque rail d'après le rayon correspondant à son milieu. Ce rayon variera lui-même, suivant que le premier joint coïncidera plus ou moins avec l'origine du raccordement parabolique. Mais comme cette coïncidence n'exerce à son tour qu'une faible influence, on peut adopter une fois pour toutes le tableau suivant, à condition de ne considérer comme premier rail du raccordement que celui qui, placé à cheval sur l'origine de la parabole, est de moitié au moins engagé dans le raccordement.

Tableau n° 4.

DÉSIGNATION des rails (de 6 mètres de longueur.)	RAYON correspondant au milieu de chaque rail.	FLÈCHE à donner.	OBSERVATIONS.
1er rail.	2.667 mètres.	2 millim.	La distance de l'origine de la parabole au milieu du rail étant x, son rayon est donné par la formule : $\frac{12.000}{x}$
2e »	1.143 —	4 —	
3e »	727 —	6 —	
4e »	533 —	8 —	
5e »	421 —	11 —	
6e »	348 —	13 —	

Ce tableau s'applique indistinctement au raccordement de toutes les courbes, avec la seule différence qu'on n'arrivera au sixième rail que pour les courbes de 300 mètres, tandis que pour les rayons supérieurs le nombre des rails se réduit graduellement.

Art. 8. — Implantation des tunnels.

Pour égaliser le jeu entre les arêtes supérieures des véhicules et l'intrados des tunnels courbes, l'axe de ces tunnels sera déplacé, par rapport à l'axe de la voie, du côté du centre de la courbe, d'une quantité double du dévers. Cet écart entre l'axe du tunnel et l'axe de la voie s'ajoutera à l'écart entre celui-ci et l'axe du tracé, et l'écart total entre l'axe du tunnel et l'axe du tracé sera ainsi de :

$$m + 2 \times \frac{45}{R}.$$

Soit $0.222 + 2 \times 0.15 = 0.522$ pour les tunnels en courbe de 300m,
et $0.048 + 2 \times 0.09 = 0.228$ . . . . id. . . . . 500m.

Pour les tunnels partie en courbe, partie en ligne droite (Fig. 6), la même règle s'appliquera à l'étendue du raccordement parabolique. Aux extrémités de ce raccordement, les piédroits du tunnel présenteront ainsi des angles rentrants et saillants doubles de ceux formés en profil en long par le plan incliné du dévers, mais ces légers jarrets seront imperceptibles en exécution.

Dressé par l'ingénieur en chef,

Paris, 27 janvier 1867.

Signé : W. NORDLING.

II

Ordre de service n° 30 concernant le raccordement des courbes sur la section de Murat à Vic-sur-Cère.

(*Réseau central de la Compagnie d'Orléans.*)

Sur la section en cours d'exécution de Murat à Vic-sur-Cère, les prescriptions de l'instruction n° 14, relative à l'application des types (Art. 1er et 21), et de l'instruction n° 16, pour la pose de la voie (Art. 1), seront modifiées, en ce qui concerne le dévers et le raccordement des courbes, de la manière suivante :

Article 1er. — Dévers.

Autant que possible, c'est-à-dire partout où la question n'est pas engagée par les tabliers métalliques ou autrement, le dévers sera augmenté conformément à la seconde colonne ci-après, en modifiant, au besoin, la saillie du rail sur les couronnements.

Tableau n° 1.

Rayon.	DÉVERS		OBSERVATIONS.
	au moins.	au plus.	
mètres.	centim.	centim.	
300	12.»	15.»	Les chiffres ci-contre sont calculés respectivement d'après les formules $\frac{36}{R}$ et $\frac{45}{R}$.
350	10.»	13.»	
400	9.»	11.2	
450	8.»	10.»	
500	7.»	9.»	
600	6.»	7.5	
800	4.5	5.6	
1.000	3.6	4.5	
1.200	3.»	3.7	
2.000	1.5	2.2	

Aux extrémités des courbes, le dévers sera raccordé par des plans inclinés dont l'étendue correspondra, dans le tracé en plan, à des arcs de parabole présentant en chaque point une courbure en harmonie avec le dévers, c'est-à-dire conforme au tableau qui précède.

Art. 2. — Définition et propriétés de la parabole.

La parabole à employer est indiquée par l'épure (Fig. 1, Pl. 84).

Ses ordonnées croissent en raison des cubes des abscisses. Ainsi, à 20 mètres, l'ordonnée n'est que le 1/8 de l'ordonnée à 40 mètres; à 4 mètres, l'ordonnée n'est que le 1/1000 de celle à 40 mètres, etc.

La sous-tangente est toujours égale au tiers de l'abscisse, c'est-à-dire qu'une tangente menée au piquet 36, par exemple, va couper la base au piquet 24, etc.

Le rayon de courbure est infini à l'origine de la parabole et décroît ensuite en raison inverse des abscisses[1]; il est de 1,200 mètres au piquet 10, de 600 au piquet 20, de 300 au piquet 40, c'est-à-dire à 40 mètres de l'origine, etc.

La déclivité du rail extérieur par rapport au rail intérieur sera uniforme dans toute l'étendue de la parabole, savoir : $\frac{36}{12.000} = 0.003$ ou $\frac{45}{12.000} = 0.00375$, suivant le dévers qu'on adoptera.

Art. 3. — Raccordement des faibles courbes.

Aux arcs de cercle à grand rayon jusqu'à 400 mètres inclusivement, on appliquera le raccordement dit intérieur ou tangentiel (Fig. 7).

La longueur du raccordement p est donnée par le tableau n° 2 ci-après. Le tiers de cette longueur sera pris sur la tangente, de A en O, et les deux tiers restants, sur l'arc de cercle de A en B, étant d'ailleurs entendu qu'en pratique, eu égard à la faible étendue des arcs, on considérera OB comme égal à OB'.

Tableau n° 2.

Rayon de l'arc de cercle à raccorder. R	Longueur du raccordement parabolique. p	Tiers de la flèche f. m	OBSERVATIONS.
m.	m.	m.	
400	40.00	0.167	$p = \frac{4}{3} \times \frac{12.000}{R}$
450	35.56	0.117	
500	32.00	0.085	
600	26.67	0.049	$m = \frac{1}{3} f = \frac{p^2}{24 R}$.
700	22.86	0.031	
800	20.00	0.021	
900	17.78	0.015	
1.000	16.00	0.011	
1.200	13.33	0.006	
1.500	10.67	0.003	
2.000	8.00	0.001	

1. Cette loi, suffisamment exacte dans les limites de la pratique, cesse de l'être pour de grandes abscisses.

L'origine de la parabole et son extrémité B étant déterminées d'après ce qui précède, on peut en opérer le tracé de trois façons :

1° A l'aide de la figure 1. — Il faut s'assurer, en ce cas, que l'ordonnée finale BB' $= y'$ (Fig. 7) est bien d'accord avec l'ordonnée de l'arc de cercle mesurée sur place;

2° En partant de y' mesurée sur place, et en calculant les ordonnées intermédiaires par les cubes des abscisses, comme il est dit à l'article 2.

Voici les rapports numériques invariables dans les deux cas d'une division en quatre et en six parties égales :

$x =$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
$y =$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{27}{64}$
	0.0156	0.1250	0.4219

$x =$	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{6}$
$y =$	$\frac{1}{216}$	$\frac{1}{27}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{8}{27}$	$\frac{125}{216}$
	0.0046	0.0370	0.1250	0.2963	0.5785

3° En calculant directement l'écart e entre l'ancien tracé OAB et le nouveau tracé parabolique OB. Cet écart est donné par les formules suivantes (où les abscisses x sont toujours comptées à partir de O) :

Pour la partie OA, $e = \frac{16}{3} \mathrm{m}. \left(\frac{x}{p}\right)^3$

. . . . . id. . . AB, $e = \frac{16}{3} \mathrm{m}. \left[\left(\frac{x}{p}\right)^3 - \left(\frac{3x - p}{2p}\right)^2\right]$

et numériquement, par le tableau suivant, dressé pour le cas de la division de la longueur du raccordement en six parties égales :

Tableau n° 3.

Rayon de la courbe à raccorder. R	Écartement des piquets. $\frac{1}{6}p$.	ÉCART ENTRE LA PARABOLE ET LE TRACÉ PRIMIFIF.						
		e_0 =zéro.	e_1 $\frac{2}{81}m$.	e_2 $\frac{16}{81}m$.	e_3 $\frac{1}{3}m$.	e_4 $\frac{20}{81}m$.	e_5 $\frac{7}{81}m$.	e_6 =zéro.
	m.		m.	m.	m.	m.	m.	
400m	6.67	Zéro.	0.004	0.033	0.056	0.042	0.014	Zéro.
450	5.93	»	0.003	0 024	0.039	0.029	0.010	»
500	5.33	»	0.002	0.017	0.028	0.021	0.007	»
600	4.45	»	0.001	0.010	0.016	0.012	0.004	»
700	3.81	»	0.001	0.006	0.010	0.008	0.003	»
800	3.33	»	0.001	0.004	0.007	0.005	0.002	»
900	2.83	»	0.000	0.003	0.005	0.004	0.001	»
1.000	2.67	»	0.000	0.002	0.004	0.003	0.001	»
1.200	2.22	»	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001	»

Il importe de remarquer qu'au point B le rayon de la parabole n'est que de $\frac{3}{4}$R. C'est ce qui empêche d'employer le raccordement intérieur quand le rayon R est inférieur à 400 mètres, puisqu'on introduirait en ce cas des rayons inférieurs au minimum de 300 mètres.

Le rayon R se retrouve sur la parabole aux 3/4 de son développement. Ce point marquera le sommet du plan incliné du dévers que, sur le dernier quart du raccordement, on maintiendra égal à celui du rayon R.

Art. 4. — Raccordement ordinaire des fortes courbes.

La figure 2 et le tableau n° 4 ci-après font connaître les éléments principaux des raccordements des courbes de 300 et 350 mètres.

Tableau n° 4.

Rayon de l'arc de cercle à raccorder. R	Longueur du raccordement parabolique. p	Déplacement latéral. m	OBSERVATIONS.
m.	m.	m.	$p = \frac{12.000}{R}$.
300	40.00	0.222	
350	34.28	0.140	$m = \frac{p^2}{24R}$.

La moitié de la longueur p du raccordement est prise sur l'arc de cercle à raccorder, et l'autre moitié, sur la tangente primitive AT, étant

d'ailleurs entendu qu'en pratique, eu égard à la faible étendue des arcs. on considérera DB comme égal à OB et à OB'.

La tangente à l'arc de cercle primitif TDA est écartée de la tangente à la parabole UO d'une quantité DO que nous appelons le déplacement latéral et désignons par m. Ce déplacement latéral est égal au tiers de la flèche AE ou f, soit au quart de l'ordonnée extrême y' de la parabole.

La position de la parabole étant ainsi déterminée, on peut en opérer le tracé de trois façons différentes :

1° A l'aide de la figure 1. Il faut s'assurer, en ce cas, que l'ordonnée finale y' est bien d'accord avec l'ordonnée de l'arc de cercle mesurée sur place;

2° En partant de y' mesurée sur place, comme ci-dessus dans l'article 3; enfin,

3° En calculant directement l'écart e entre l'ancien tracé DAB et le nouveau tracé OB. Cet écart est donné par les formules suivantes (où les abscisses x sont toujours comptées à partir de O) :

$$\text{Pour la partie DA, } e = m\left[1 - 4\left(\frac{x}{p}\right)^3\right]$$

$$\text{id. } \quad \text{AB, } e = m\left[1 + 3\left(\frac{2x-p}{p}\right)^2 - 4\left(\frac{x}{p}\right)^3\right]$$

et numériquement, par le tableau suivant, dressé pour le cas de la division de la longueur du raccordement en six parties égales :

Tableau n° 5.

Rayon de la courbe à raccorder. R	Écartement des piquets $\frac{1}{6}p$.	ÉCART ENTRE LA PARABOLE ET LE TRACÉ PRIMITIF.						
		$e_0 = m.$	$e_1 = \frac{53}{54}m.$	$e_2 = \frac{23}{27}m.$	$e_3 = \frac{1}{2}m.$	$e_4 = \frac{4}{27}m.$	$e_5 = \frac{1}{54}m.$	$e_6 =$ zéro.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	
300m	6.667	0.222	0.218	0.189	0.111	0.033	0.004	Zéro.
350	5.713	0.140	0.137	.119	0.070	0.021	0.003	»

On retiendra que la parabole passe exactement au milieu de l'intervalle AF, et que de B en A la parabole s'écarte autant de l'arc de cercle que de O en F elle s'écarte de sa base OFX.

Art. 5. — Raccordement exceptionnel des courbes de 300 mètres.

Pour pouvoir raccorder, conformément à l'article précédent, deux courbes consécutives de 300 mètres, il faut que la droite intercalaire ait une longueur de 40 mètres au moins.

Sur les quelques points où cette condition n'est pas remplie, ou ne le era plus après les transformations indiquées à l'article suivant, on fera xceptionnellement usage du raccordement représenté par la figure 8.)n pourra y recourir également dans les cas où l'avancement des tra- 'aux exigerait la réduction du déplacement latéral (m) indiqué aux ta- leaux 4 et 5.

$$\text{Longueur du raccordement } p = \frac{6000}{300} = 20 \text{ mètres.}$$

$$\text{Déplacement latéral } m = \frac{p^2}{24 \times 300} = 0^m.056.$$

Tout ce qui a été dit aux articles 2 et 4 est également applicable à la gure 8, si ce n'est que la déclivité du plan incliné se trouve doublée. appelons notamment que de B en A la parabole s'écarte autant de l'arc ; 300 mètres, que de O en A elle s'écarte de sa base OX.

Art. 6. — Mode de réaliser les déplacements latéraux.

Dans le cas du raccordement intérieur (Art. 3), les tangentes et la plus ande partie des courbes sont conservées et, sauf de rares exceptions, s légers ripages aux abords des points de tangence pourront être 'ectués au moment de la pose, sans s'en préoccuper dans les travaux la plateforme.

Dans le cas des raccordements extérieurs (Art. 4 et 5) il n'en est plus même; il faut absolument que pour réaliser ce que nous avons ap- lé les déplacements latéraux, on déplace, soit les courbes entières, t les tangentes entières.

1° *Déplacement des courbes.*

.e déplacement des courbes s'effectuera sans déplacer les centres et me sans déplacer les piquets d'axe, en ripant simplement la voie du é du centre de la quantité m (Fig. 2 et 8); en d'autres termes, en ré- isant les rayons de la quantité insignifiante de $0^m.22$ au plus. Le ılacement des courbes est le parti le plus simple à prendre, parce on conserve les sommets d'angle, mais l'état d'avancement de la plate- ne et des ouvrages d'art peut le rendre impossible ou trop coûteux.

2° *Déplacement des droites.*

e déplacement des tangentes peut donner lieu aux mêmes inconvé- its que celui des courbes, et il exige toujours des calculs trigonomé- ues assez minutieux pour fixer les nouveaux points de tangence qui ımandent l'origine des raccordements. Voici des formules pratiques tives aux différents cas :

A. *Courbes en sens inverse.*

Soient, figure 9 :

t la longueur de la droite T'T'' entre les deux courbes inverses aux rayons R' et R'';

β l'angle d'intersection (tangente au sinus) entre l'ancienne tangente T'JT'' et la nouvelle tangente F'JF'';

t' et t'' les deux moitiés (inégales) de la nouvelle tangente F'F'' situées en deça et au delà du point d'intersection J;

$n' = T'G'$ et $n'' = T''G''$;

s' et s'', les arcs T'A' et T''A'' ajoutés aux cercles R' et R''.

On a :

$$s' + s'' + t' + t'' = t.$$

$$t' + t'' = \sqrt{t^2 - 2\,(R' + R'')\,(m' + m'')}.$$

$$\beta = \frac{s' + s''}{R' + R''}.$$

$$s' = \beta R'. \qquad s'' = \beta R''.$$

$$n' = m' + \frac{s'^2}{2R'}. \qquad n'' = m'' + \frac{s''^2}{2R''}.$$

$$s' + t' = \frac{n'}{n' + n''}\,t. \qquad s'' + t'' = \frac{n''}{n' + n''}\,t.$$

EXEMPLES :

Étant donné :	1.	2.	On trouve :	1.	2.
t =	45	45	$t' + t''$ =	39.43	41.67
R' =	300	300	s' =	2.57	1.54
R'' =	350	350	s'' =	3. »	1.79
m' =	0.222	0.222	n' =	0.233	0.226
m'' =	0.140	zéro	n'' =	0.153	0.005
			β =	0.009	0.005
			t' =	24.60	42.57
			t'' =	14.83	— 0.90

Dans l'exemple 1, la nouvelle tangente $t' + t''$ conserve donc une longueur de 39^{m}.43, qui est plus que suffisante pour le raccordement ordinaire (Art. 4), qui n'exige que $\frac{40 + 34.28}{2} = 37^{m}.14$. Si la longueur $t' + t''$

avait été insuffisante, il aurait fallu recommencer les calculs avec les données de l'article 5, savoir : $m' = 0^m.056$ et $m'' = 0^m.031$.

L'exemple 2 suppose le cas où à la courbe R' on déplace la tangente, tandis qu'à la courbe R″ on déplace la courbe.

B. *Courbes dans le même sens.*

Avec les mêmes notations, les formules deviennent (fig. 10) :

$$(t' - t'') - (s'' - s') = t.$$

$$t' - t'' = \sqrt{t^2 + 2\,(R'' - R')\,(m' - m'')}.$$

$$\beta = \frac{s'' - s'}{R'' - R'}.$$

$$s' = \beta R'. \qquad s'' = \beta R''.$$

$$n' = m' + \frac{s'^2}{2R'}. \qquad n'' = m'' + \frac{s''^2}{2R''}.$$

EXEMPLES :

Étant donné :	1.	2.	On trouve :	1.	2.
$t =$	45	45	$t' - t'' =$	45.09	45.24
$R' =$	300	300	$s' =$	0.54	1.44
$R'' =$	350	350	$s'' =$	0.63	1.68
$m' =$	0.222	0.222	$n' =$	0.222	0.225
$m'' =$	0.140	zéro	$n'' =$	0.141	0.004
			$\beta =$	0.002	0.005

L'exemple 2 est relatif au cas où à la courbe R' on déplace la tangente, tandis qu'à la courbe R″ on déplace la courbe.

On étudiera sur place, pour chacune des courbes de 300 et de 350 mètres, la question du choix à faire entre les deux systèmes (déplacement des courbes ou des droites) et on soumettra le plus tôt possible à l'ingénieur en chef un plan parcellaire résumant la solution adoptée.

Art. 7. — Courbure a donner aux rails.

Bien que la courbure de la parabole varie d'un point à l'autre, il suffit de courber chaque rail d'après le rayon correspondant à son milieu. Ce rayon variera lui-même suivant que le premier joint du raccordement

coïncidera plus ou moins avec l'origine de la parabole. Mais, comme cette coïncidence n'exerce à son tour qu'une faible influence, on peut adopter une fois pour toutes le tableau suivant, qui suppose des barres de 6 mètres de longueur, à condition de ne considérer comme premier rail du raccordement que celui qui, placé à cheval sur l'origine de la parabole, est de moitié au moins engagé dans le raccordement.

Tableau n° 6.

Désignation des rails de 6 mètres de longueur	Raccordements ordinaires. (FIG. 2 et 7.)		Raccordements exceptionnels. (FIG. 8.)		OBSERVATIONS.
	Rayon correspondant au milieu de chaque rail.	Flèche à donner.	Rayon correspondant au milieu de chaque rail.	Flèche à donner.	
1er rail.	2667 m.	2 millim.	1125 m.	4 millim.	La distance de l'origine de la parabole au milieu du rail étant x, son rayon est donné par les formules :
2 —	1143	4 —	571	8 —	
3 —	727	6 —	364	13 —	
4 —	533	8 —	—	—	Raccord. ordin. $\frac{12.000}{x}$
5 —	421	11 —	—	—	
6 —	348	13 —	—	—	Id. except. $\frac{6.000}{x}$

Ce tableau s'applique indistinctement au raccordement de toutes les courbes, avec la seule différence qu'on n'arrivera au sixième rail que pour les courbes de 300 mètres (raccordement ordinaire), tandis que pour les rayons supérieurs, le nombre des rails se réduit graduellement.

Art. 8. — Tunnels courbes.

Pour égaliser le jeu entre les arêtes supérieures des véhicules et l'intrados des tunnels courbes, l'axe de la voie dans les souterrains sera déplacé, par rapport à l'axe du tunnel, du côté du grand rayon, d'une quantité double du dévers. Ce ripage équivaut à un changement de tracé dans l'étendue des tunnels et exigera aux abords une étude spéciale des raccordements dans lesquels on ne pourra, en aucun cas, employer des rayons inférieurs à 290 mètres.

Dressé par l'ingénieur en chef,

Paris, le 27 janvier 1867.

Signé : W. NORDLING.

NOTE

SUR

L'EXPLOITATION DU SEMMERING

EN 1866

PAR M. DESGRANGE.

Nous sommes loin de croire que la science ait dit son dernier mot sur le meilleur mode de transport par chemin de fer, dans les pays de montagne, lorsqu'il s'élabore chaque jour de nouveaux projets, soit pour modifier le système de traction par locomotive, soit pour y suppléer ou le remplacer par d'autres combinaisons. Après les choses merveilleuses qui se sont révélées depuis trente à quarante ans, on ne saurait affirmer qu'un système encore inconnu aujourd'hui ne se substituera pas bientôt aux moteurs actuels.

Mais jusque-là tenons-nous dans la réalité; continuons à améliorer ce qui existe et constatons les résultats acquis.

En ce qui concerne spécialement la locomotive, les progrès qu'elle a déjà réalisés dans l'exploitation des chemins de fer sont assez frappants pour satisfaire l'amour-propre des ingénieurs qui s'occupent de ces grandes entreprises. Qu'on se reporte seulement à vingt-cinq ou trente ans enarrière : on trouvait déjà extraordinaire la possibilité de parcourir l'espace à raison de 40 kilomètres à l'heure, avec des trains de voyageurs, chargés de 60 à 70 tonnes, sur des lignes presque horizontales. Aujourd'hui on atteint des vitesses doubles, avec de plus grandes charges. Celles-ci ne sont limitées que par la résistance du métal. Que cette résistance, admise aujourd'hui au maximum de 6,000 kilogrammes par chaque roue motrice de la locomotive, soit portée au double, et on entraînera des charges doubles sur des lignes semblables, ou pour des charges égales, on arrivera à franchir des inclinaisons plus considérables.

En ligne droite ou en courbe de grand rayon, on peut suppléer à l'in-

suffisance de résistance des rails et des roues, en multipliant le nombre des points d'appui, c'est-à-dire le nombre de roues; mais dans les courbes, ce procédé a une limite. Les organes du mécanisme deviennent compliqués ou impossibles.

Pour des chemins en courbes et à fortes rampes, on est arrivé, dans l'état actuel de la question, à franchir des inclinaisons atteignant 1/40e 0.025 avec des rayons de 200 mètres. On s'est généralement arrêté, pour traction des marchandises, à l'emploi de machines à 8 roues couplées, portant chacune 6 tonnes, soit d'une adhérence maxima de 48 tonnes[1].

Quant à la surface de chauffe, on a obtenu toute celle possible par la limite de charge des roues. D'ailleurs, elle n'a pas d'influence absolue sur la charge à remorquer; on y supplée par une marche plus lente. La surface de chauffe, à laquelle on est parvenu, est d'environ 200 mètres carrés. On obtient ainsi, sur les fortes rampes, des vitesses de 15 à 18 kilomètres, avec trains de 200 tonnes de poids brut.

En se tenant dans ces limites, et en apportant les plus grands soins dans tous les détails de l'exploitation, on arrive à des résultats qu'on regardait comme impossibles il y a quelques années seulement, et qui permettent aujourd'hui d'attendre d'autres solutions.

Quel est le coût des transports dans ces conditions?

Depuis huit ans, nous avons suivi cette question sur le Semmering, qui est une ligne de grand trafic, puisque la recette brute kilométrique y excède 60,000 fr.; nous avons constaté les résultats successifs de chaque année, et nous sommes arrivés à établir que le prix de transport de 1865 présentait une réduction de plus de 51 p. 100 sur celui de 1860, et que les frais d'exploitation de cette ligne ne s'élevaient qu'à 36 p. 100 de la recette brute.

Certes, c'était là un progrès satisfaisant, mais on verra par le compte rendu des résultats de l'année 1866, qu'il n'était pas le dernier mot, même avec la locomotive actuelle; aujourd'hui la réduction du prix de transport sur 1860 atteint 61 p. 100, et de nouveaux progrès peuvent encore être espérés.

1. Nous ne saurions recommander les machines ayant un plus grand nombre de roues couplées, soit par l'un ou l'autre des divers systèmes proposés. Elles sont plus compliquées et, si elles pouvaient développer plus de puissance, cette puissance serait inutile. Les fortes machines du Nord ont leur raison d'être sur les chemins à grand trafic, où il y a nécessité de réduire le nombre de trains et peuvent donner de bons résultats, mais c'est à tort, suivant nous, que certains ingénieurs classent ce système dans la catégorie des machines à courbes; si on admet pour les courbes 6 mètres d'empattement d'essieux parallèles, il faut bien y admettre à plus forte raison, toute machine ordinaire ayant un empattement moindre

SEMMERING. — RÉSULTATS DE 1866.

Le trafic du Semmering a subi, en 1866, un accroissement exceptionnel, par suite des grands transports militaires que la ligne Vienne-Trieste a eu à effectuer pendant la guerre de l'Autriche avec l'Italie et la Prusse.

Dans l'espace de moins de quatre mois, le chemin du Sud a transporté, en dehors du trafic ordinaire, près de 600,000 hommes, 60,000 chevaux et 10,000 fourgons ou canons.

Spécialement, dans la période du 2 au 17 août, il est passé par le Semmering plus de 103,000 hommes de troupes, 15,000 chevaux et 2,600 fourgons et canons.

Le nombre des trains s'est élevé jusqu'à 86 *par jour, soit* 43 *dans chaque direction.*

Ces résultats sont certainement les plus importants qui aient encore été réalisés sur les voies ferrées, et c'est une satisfaction pour les ingénieurs français qui y ont contribué, de pouvoir constater que, malgré les difficultés de la ligne et la confusion inévitable qui règne dans ces transports précipités, aucun accident ne se soit produit dans le service des trains.

TRAFIC.

En 1865, on avait transporté sur le Semmering 328,352 tonnes de marchandises et 253,198 voyageurs.

En 1866, le trafic s'est élevé à 359,455 tonnes de marchandises et 612,309 voyageurs civils et militaires, savoir :

	VOYAGEURS.	MARCHANDISES.
		tonnes.
Direction de Trieste à Vienne	324.253	241.168
Direction de Vienne vers Trieste	288.056	118.287
Total	612.309	359.455

C'est donc une augmentation de 31,103 tonnes dans les marchandises, et de 359,111 dans le nombre des voyageurs.

PARCOURS.

Les parcours des trains de toute nature, qui en 1865 était de 375.531 kil.
s'est élevé en 1866 à 392.431

Ce parcours se répartit comme suit :

1° Trains de voyageurs et militaires remorqués par les machines à 6 roues couplées. . . . . 72.674 kil.

2° Trains de marchandises et trains militaires remorqués par les machines à 8 roues couplées. 319.757

Total égal. . . . . 392.431 kil.

Le parcours des machines a été de. . . . . 404.409 kil.

DÉPENSES DE TRACTION.

Les dépenses de toute nature relatives au service de la traction et à l'entretien du matériel des trains du Semmering se sont élevées, en 1866, à la somme de. . . . . 585.495 fr. 87

Le tableau suivant donne la répartition de cette dépense en même temps que la comparaison, par chapitre, avec les dépenses des deux années précédentes.

DÉSIGNATION des DÉPENSES.	Dépenses de 1866.		Dépenses de 1865.		Dépenses de 1864.	
	Totales.	Par kilomètre.	Totales.	Par kilomètre.	Totales.	Par kilomètre.
1° Locomotives.						
Conduite	121.214f 08	0f 309	100.297f 58	0f 363	103.289f 47	0f 355
Combustible	288.642.07	0.735	225.073.85	0.817	254.447.37	0.875
Graissage	17.041.22	0.043	11.505.52	0.042	14.181.28	0.049
Eau	5.338.05	0.014	5.807.20	0.021	7.547.35	0.026
Réparation des machines	97.021.85[1]	0.247	74.511.33	0.270	118.944.55	0.409
Frais généraux	18.290.50	0 047	17.755.82	0.064	18.168.95	0.062
	547.547.77	1.395	434.951.30	1.577	516.578.97	1.776
2° Voitures et wagons.						
Réparation des voitures	16.128.28	0.041	16.006.03	0.058	14.414.25	0.050
Réparation des wagons	16.412.15	0.042	12.666.47	0.046	12.083.83	0.042
Graissage	4.116.35	0.010	3.851.57	0.014	4.067.77	0.013
Frais généraux	1.291.32	0.003	1.384.25	0.005	1.159.70	0.001
	37.948.10	0.096	33.908.32	0.123	31.725.55	0.109
Total	585.495.87	1.491	468.859.62	1.700	548.304.52	1.885

1. Dont 19.044f 30 pour bandages de machines.
et 2.458 87 pour bandages de tenders.
Ensemble.. 21.503 17

Le prix moyen du train simple sur le Semmering, qui était de 1 fr. 70 par kilomètre en 1865, est descendu à 1 fr. 491 en 1866, ce qui constitue une nouvelle économie de 12f,3 p. 100.

Sur le prix de 1864, cette économie est de 21 p. 100.

DÉPENSES PAR NATURE DE TRAIN.

D'après ce qui précède, et sachant que les trains de marchandises sont divisés en deux parties pour passer le Semmering, les dépenses de traction s'établissent ainsi par chaque nature de train.

1° Train de voyageurs traversant le Semmering en une fois. 1f491

2° Train de marchandises traversant le Semmering en deux fois 1f491 × 2 = ... 2f982

Ainsi, pour les trains de marchandises, la réduction des dépenses sur le prix de 1861 (2.85 × 3 = 8.55, voir notes précédentes), est de. . . . . 65.12 %

Et, sur celui de 1865 (1.70 × 2 = 3.40), de. . . . . 15.23 %

COMPARAISON DES DÉPENSES DE TRACTION DES DIFFÉRENTES LIGNES DU RÉSEAU SUD-AUTRICHIEN.

Les dépenses ont subi de nouvelles réductions sur les différentes lignes. Toutefois, celles relatives au réseau autrichien de la Vénétie ont été un peu plus élevées, ce qui s'explique par la perturbation apportée dans le service, par la destruction des ponts et l'interruption partielle de la circulation pendant la guerre.

Voici la comparaison de ces dépenses :

	Trains de marchandises.	Trains de voyageurs.
Semmering.	2f 982	1f491
Autres parties du réseau. . . .		
Sud-Autrichien.	0.861	0.861
Vénétie.	0.732	0.732

DÉPENSES DE L'ENTRETIEN DE LA VOIE DU SEMMERING.

Les dépenses de l'entretien de la voie, y compris surveillance, pendant l'année 1866, se sont élevées à la somme de. 234.257 fr.

Tandis que la dépense moyenne des deux années précédentes, pour un trafic plus faible, avait été de. . . . . . 249.463[1];

On a vu que cette *même dépense* avait atteint en 1861. . . 852.710

1. Ce chiffre de 249.463 fr. ne comprenait pas celui de 36.113 fr. pour frais de surveillance, nous avions dit le contraire par erreur.

Les frais de surveillance de la voie ont été comme suit depuis 1860 :

1860.	98.080 fr.	1864.	40.777 fr.
1861.	82.925	1865.	31.450
1862.	81.580	1866.	36.480
1863.	65.345		

Les économies considérables du service de la voie sont dues assurément aux améliorations apportées dans l'organisation du travail, à la meilleure qualité des matières employées pour l'entretien et à une direction mieux entendue de cette importante branche de service; mais ne sommes-nous pas fondés à affirmer que si les dépenses étaient aussi considérables jusqu'en 1861, époque à laquelle nous avons modifié les machines, cela tenait en partie au système défectueux de ces mêmes machines, et notamment à la répartition vicieuse de leur poids sur les roues ?

La modification des machines a donc eu le double avantage de profiter à la traction et à la voie, et par suite au prix de transport. De plus, elle nous a permis d'assurer le service complet du Semmering avec 22 machines, dont 6 à voyageurs, alors que des propositions positives étaient faites à l'État, en 1859, pour en porter le nombre à 60.

DÉPENSES TOTALES DE L'EXPLOITATION.

En appliquant aux trains du Semmering les dépenses moyennes du service du mouvement et de l'administration générale, comme nous l'avons fait les années précédentes, on arrive à déterminer les dépenses complètes de l'exploitation par nature de train de la section Gloggnitz-Mürzzuschlag et la comparaison avec les mêmes dépenses des autres lignes [1].

DÉSIGNATION des DÉPENSES.	SEMMERING.		Autres sections du réseau.	VÉNÉTIE.
	Dépenses par train complet passant en deux fois.	Dépenses par train de voyageurs.	Voyageurs et marchandises.	Voyageurs et marchandises.
	fl.	fl.	fl.	fl.
Traction	2.982	1.491	0.861	0.72
Voie, bâtiments et surveillance	1.192	0.596	0.520	0.52
Mouvement	0.756	0.756	0.756	0.72
Administration générale	0.153	0.123	0.123	0.27
Total par train et kilomètre	5.053	2.966	2.260	2.23

Il résulte de ce tableau que le prix du train de marchandises du Sem-

1. Dépenses de 1866 :

Traction	585.495f 87
Entretien de la voie et surveillance (392.431 kil. × 0.596)	234.257 00
Mouvement (72.674 kil. × $\frac{31.9757}{2}$ × 0.756)	175.807 04
Administration générale (72.674 kil. × $\frac{31.9757}{2}$ × 0.123)	28.603 52
	1.024.163 43

mering est de 2 fois 1/4 celui des trains des autres lignes du groupe Vienne-Trieste et de la Vénétie, et que le prix du train de voyageurs de cette même section est de 1,32 fois celui de ces mêmes trains sur les autres sections.

Si on compte que la recette brute du Semmering s'est élevée à près de 70,000 francs par kilomètre en 1866, le produit total de cette section, de 41 kilomètres, atteint. . . . . 2.870.000 fr.
les dépenses ayant été de 1.024.163
les frais d'exploitation ressortent à. . . . . 35.68 %

Ainsi que nous le disions l'année dernière, nous pensons que l'exploitation des chemins de fer en montagne est résolue économiquement avec des machines à 8 roues couplées, et l'expérience continue à nous donner raison.

Il nous semble donc prudent de s'en tenir à ces machines et de ne pas chercher à en employer de plus puissantes; elles seraient plus compliquées et moins économiques.

C'est avec 10 des machines modifiées du Semmering et 10 autres machines nouvelles, en construction dans les ateliers de la Société autrichienne, à Vienne, que nous nous proposons de faire les trains de marchandises de la nouvelle ligne du Brenner, qui sera livrée à l'exploitation au mois de juillet prochain.

Ces 10 machines ont encore reçu quelques nouveaux perfectionnements. La surface de chauffe de la boîte à feu a été sensiblement augmentée; la chaudière est en acier Bessemer; les longerons, manivelles et toutes les pièces du mouvement sont, à l'extérieur des roues, parfaitement visibles et abordables[1].

Il va sans dire que les armatures en fonte, qui avaient dû être adoptées comme contre-poids dans les machines modifiées, ont disparu dans la nouvelle machine, et que la répartition du poids de la machine sur les essieux se fait dans de meilleures conditions.

Nous avons muni ces machines de l'appareil d'injection d'eau et de vapeur dans l'échappement, tel qu'il a été appliqué au chemin de Lyon, afin de pouvoir faire usage de la contre-vapeur à la descente des longues pentes de 25 millimètres que présente le passage du Brenner sur ses deux versants.

Nous avions dit, il y a trois ans, que nous ne pouvions admettre l'emploi de deux machines, l'une en tête et l'autre en queue, pour les trains *de marchandises du Semmering, où les courbes descendent à 180 mètres de rayon.*

Ce point a donné lieu à quelques discussions à la Société des ingé-

1. Nous devions en envoyer une à l'Exposition de Paris, mais le temps nous a manqué. La première sort en ce moment 1er Juin des ateliers.

nieurs civils, et il a été établi que cette disposition *était pratiquée sans inconvénient sur diverses sections ayant des courbes de* 3 *à* 400 *mètres*, ce qui n'est nullement en opposition avec ce que nous avons dit. C'est donc à tort que l'on met notre opinion en opposition avec celle d'autres ingénieurs pour l'emploi de la machine en queue. Le fait est que nous ne trouvons pas convenable d'employer ce procédé dans des courbes de 180 mètres, tandis que d'autres Compagnies l'admettent dans les courbes de 3 à 400 mètres. Nous sommes parfaitement d'accord.

Nous sommes d'avis même qu'à partir de rayons de 250 mètres, la seconde machine *en queue est praticable et même recommandable*, à différents points de vue, pour franchir les fortes rampes, et c'est le système que nous comptons adopter nous-mêmes pour les trains du Brenner, si, comme nous l'espérons, nous y sommes autorisés par le gouvernement autrichien, auquel nous en avons fait la demande.

Nous nous trouverons ainsi à même de commencer l'exploitation d'une grande ligne dans des conditions nouvelles, savoir : trains de marchandises de 350 à 400 tonnes (non compris machine et tender), sur rampes de 25 millimètres.

Quant aux trains de voyageurs, ils seront remorqués sur cette même ligne par des machines ordinaires à 6 roues couplées.

Le tableau suivant indique les conditions d'établissement des dernières machines à 8 roues pour le Brenner.

Diamètre des cylindres	0m.500
Course des pistons	0m.610
Diamètre des 8 roues couplées	1m.070
Surface de la grille	1m.84
Surface de chauffe du foyer	9m.50
— des tubes (228)	172m.50
Total	182m
Pression de la vapeur	8 atm.
Effort de traction $\left(\frac{P - d^2 l}{D}\right)$[1]	11.780 kilog.
Poids de la machine vide	41.250

Poids de la machine en marche.

1° Essieux avant	12.050	48.700
2° —	12.200	
3° —	12.150	
4° —	12.300	

1. P pression effective de la vapeur sur le piston = 0,65 de la pression de la chaudière ;
d diamètre du cylindre ;
l course du piston ;
D diamètre des roues motrices.

N° 1. *Comparaison des dépenses de traction du Semmering avec les autres sections.*

(par kilomètre de train).

DÉSIGNATION des lignes.	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866
LIGNE DU SUD.								
Semmering seul[1]	»	2f 85	2f 40	2f 29	2f 155	1f 885	1f 700	1f 491
Autres sections	»	1.89	1.42	1.39	1.238	1.021	0.942	0.861
Ensemble des lignes du Sud	3f 016	1.99	1.48	1.41	1.292	1.069	0.977	0.893
Vénétie et Tyrol	1.20	1.13	1.07	0.78	0.72	0.742	0.664	0.72

1. De 1860 à 1866 le prix du kil. de train a été réduit de plus de 47,6 pour 100, malgré une augmentation de 50 pour 100 dans la charge des trains de marchandises.

N° 2. *Comparaison de la consommation de combustible sur le Semmering.*

ANNÉES.	Kilogrammes de COKE.	Kilomètres de TRAIN.	Kilomètres de machines y compris les manœuvres de gare.	CONSOMMATION par kilomètre de train.	CONSOMMATION par kilomètre de machine.	OBSERVATIONS.
				kilog.	kilog.	
1860	15.380.997	425.969	468.465	36	32	On emploie du lignite de Leoben ayant 65 p. 100 de la puissance du coke.
1861	11.387.009	349.730	382.516	32	29	
1862	8.332.543	300.717	309.448	27	26	
1863	7.129.978	269.826	295.414	26	24	—
1864	7.335.709	290.779	320.402	25	22.8	La consommation a été réduite de 39 p. 100 malgré l'augmentation de charge.
1865	6.766.034	275.531	301.991	24.5	22.4	
1866	8.568.449	392.431	428.381	21.8	20.0	

N° 3. — État comparatif des dépenses de traction et d'entretien du matériel des années 1859 à 1866.

1° RÉSEAU NORD (Semmering compris).

Vienne-Trieste et embranchement de Laxenburg et Œdenburg....	614 kilm.
Pragerhof-Ofen, Stuhlweissenburg-Uj-Szény....................	411
Steinbruck-Sissek....................................	125
Marburg-Villach....................................	166
Agram-Karlstadt....................................	46
Œdenburg-Kanisza....................................	164
	1,526 kil.

DÉTAIL DES PARCOURS ET DÉPENSES.	Sous l'administration de l'État. 1859.	SOUS L'ADMINISTRATION DE LA COMPAGNIE. 1860.	1861.	1862.	1863.	1864.	1865.	1866.	Réduction sur 1859.	OBSERVATIONS.
Parcours des trains ...	4,416,023km	3,990,493km	5,542,559km	5,345,937km	4,551,630km	51,45,561km	5,964,955km	7,871,582km		
— des machines.	5,907,671	4,561,279	6,078,338	5,701,986	4,797,530	5,442,219	6,299,816	8,434,024		
Excédant p. 100.....	35.12	14.30	9.66	6.66	5.40	5.79	5.61	7.14		
Parcours des véhicules..	»	60,709,104	107,670,965	109,877,641	91,860,307	105,921,490	123,694,395	163,980,326		
Dépense de traction et d'entretien.......	13,322,592f, 7	7,958,366f, 92	8,205,802f, 00	7,698,344f, 85	5,883,419f, 10	5,503,529f, 75	5,828,929f, 97	7,030,292f, 85		
Dépense par kilomètre de train.										LONGUEUR des lignes en exploitation.
1° LOCOMOTIVES.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	0/0	
Conduite...........	0.244	0.254	0.223	0.230	0.255	0.208	0.198	0.189	32.5	1859. 614km
Combustible.........	1.082	0.828	0.685	0.549	0.454	0.367	0.323	0.297	72.5	1860. 723
Graissage..........	0.136	0.077	0.083	0.071	0.052	0.035	0.030	0.033	75.7	1861. 1,025
Eau..............	0.109	0.066	0.033	0.031	0.024	0.017	0.013	0.009	91.7	1862. 1,150
Réparations.........	0.636	0.351	0.236	0 269	0.203	0.138	0.166	0.161	74.6	1863. 1,278
Frais généraux	0.098	0.083	0.061	0.072	0.100	0.082	0.069	0.051	47.9	1864. 1,316
2° VOITURES & WAGONS										1865. 1,526
Réparations des voitures	0.228	0.095	0.036	0.068	0.070	0.071	0.071	0.057	78.5	1866. 1,526
— des wagons.	0.434	0.175	0.069	0.094	0.078	0.063	0.070	0.068		
Graissage...........	»	0.042	0.038	0 037	0.034	0.021	0.020	0.017		
Frais généraux.......	0.049	0.023	0.016	0.019	0.022	0.017	0.017	0.011	42.1	
Total par kilm. de train	3.016	1.994	1.480	1.140	1.202	1.069	0.977	0.893		
Réduction 0/0 sur 1859.	»	33.80 0/0	50.90 0/0	62.20 0/0	57.10 0/0	64.55 0/0	67.60 0/0	70.30 0/0	70.39 0/0	

N° 4. — État comparatif des dépenses de traction et d'entretien du matériel des années 1859 à 1866.

2° RÉSEAU SUD. 524 kil.

Nabresina à Venise-Verone-Peschiera	343 kil.
Verone à Bolzano (Tyrol sud)	147
Verone à Mantoue	34
Total	524 kil.

DÉTAIL DES PARCOURS ET DÉPENSES.	Sous l'administration de l'État. 1859.	SOUS L'ADMINISTRATION DE LA COMPAGNIE. 1860.	1861.	1862.	1863.	1864.	1865.	1866.	Réduction sur 1859.	OBSERVATIONS.
Parcours des trains...	1,062,318km	1,264,631km	1,589,962km	1,776,345km	1,655,117km	1,684,593km	1,709,710km	1,921,564km		
— des machines.	1,508,775	1,606,610	1,938,419	1,915,980	1,748,195	1,779,038	1,769,283	2,097,948		
Excédant p. 100.....	42.02	27.04	21.91	7.86	5.62	5.60	3.48	9.18		
Parcours des véhicules.	18,357,922	21,854,094	24,190,502	24,636,028	27,623,766	28,596,117	28,012,094	34,017,141		
Dépense de traction et d'entretien.......	1,285,646f, 78	1,426,862f, 03	1,701,328f, 10	1,388,447f, 60	1,194,063f, 00	1,250,252f, 32	1,135,965f, 35	1,408,332f, 00		LONGUEUR des lignes en exploitation.
	DÉPENSE PAR KILOMÈTRE DE TRAIN.									
1° LOCOMOTIVES.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.		
Conduite...........	0.17	0.23	0.163	0.130	0.137	0.121	0.124	0.140	17.6 0/0	1859. 415km
Combustible.........	0.58	0.43	0.443	0.308	0.276	0.256	0.182	0.216	62.7	1860. 518
Graissage...........	0.06	0.04	0.054	0.042	0.039	0.034	0.030	0.048	20.0	1864. 518
Eau...............	0.03	0.02	0.016	0.013	0.013	0.013	0.011	0.011	63.3	1865. 524
Réparations.........	0.18	0.20	0.176	0.129	0.118	0.143	0.165	0.157	12.7	1866. 524
Frais généraux.......	0.02	0.02	0.041	0.055	0.040	0.041	0.039	0.052	»	
2° VOITURES & WAGONS										
Réparations des voitures	0.08	0.08	0.064	0.050	0.037	0.046	0.048	0.043	31.5	
— des wagons.	0.05	0.09	0.094	0.037	0.048	0.075	0.052	0.046		
Graissage..........	0.02	0.01	0.010	0.007	0.006	0.005	0.005	0.007		
Frais généraux......	0.01	0.01	0.009	0.010	0.006	0.008	0.008	0.012	65.0	
Total par kilm. de train.	1.20	1.13	1.070	0.781	0.720	0.742	0.664	0.732		
Réduction 0/0 sur 1859	»	5.83 0/0	10.83 0/0	34.91 0/0	40 0/0	38.1 0/0	44.67 0/0	39.00 0/0	39.00 0/0	

La ligne du Tyrol (nord), exploitée isolément, n'est pas comprise dans ce tableau.

A la suite de la précédente communication, une correspondance a eu lieu entre M. le Président de la Société et M. Desgrange sur deux points qui sont l'objet de la réponse suivante de cet ingénieur :

Monsieur le président,

Absent de Vienne pendant près de deux mois, j'ai le regret de n'avoir pu répondre plus tôt à la lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire, le 13 mai dernier, au sujet de ma dernière note sur le Semmering.

En premier lieu, vous me faites observer qu'il manque un élément dans ma communication : « c'est la dépense kilométrique appliquée à la tonne « de marchandises et au voyageur : sans cela, ajoutez-vous, le chiffre de « dépense de 35 pour 0/0 de la recette n'a pas de signification précise. »

Pour répondre à ce premier point, je vous ferai remarquer que le trafic du Semmering étant exclusivement un trafic de transit du nord au sud et *vice versa*, comme je l'ai indiqué, on doit compter que le nombre des tonnes de marchandises et le nombre des voyageurs, qui figurent dans ma note, ont traversé complétement le Semmering. Conséquemment, en multipliant ces nombres par 41 kilomètres (longueur du Semmering), on obtient l'élément qui, au premier abord, semble manquer dans les documents que j'ai fournis.

On aura donc pour le trafic total :

Voyageurs civils.	128,017×41ᵏ=	5,248,697ᵛ·ᵏ
— militaires.	485,292×41 =	19,855,972
Total des voyageurs kilomètres.		25,104,669
Marchandises	359,455ᵗ×41 =	14,737,655ᵗᵏ
Total des voyageurs et tonnes kil. .		39,842,324

J'admets, comme vous le voyez, pour l'ensemble du trafic, des unités de transport qui ne sont pas les mêmes, mais nous savons par la pratique, sur le Semmering, qu'au point de vue de la dépense, le coût de la tonne kilomètre ne s'écarte pas sensiblement du voyageur kilomètre.

Les dépenses d'exploitation étant de 1,024,163 fr. 43, et les unités transportées de 39,842,324, la dépense de transport par tonne kilomètre ou voyageur kilomètre est de 0 fr. 026.

En second lieu, vous me demandez quels sont les chiffres kilométriques de perception sur le Semmering en 1866.

Il résulte des documents fournis par le rapport officiel de notre dernière assemblée, que les tarifs moyens perçus sur le réseau Vienne-Trieste pendant l'année 1866, ont été comme suit :

Marchandise tonne kilomètre.	9^c,06	
Voyageur civil »	7,23	moyenne 4^c,03
— militaire »	1,98	

Les mêmes tarifs ont été également appliqués au Semmering, mais la Compagnie a été autorisée à compter la traversée du Semmering pour 7 1/2 milles allemands, tandis qu'elle n'est que de 5 1/2 milles, ce qui équivaut en réalité à une augmentation de tarif de 36 pour 0/0.

Conséquemment les tarifs moyens perçus sur cette section sont :

Tonne kilomètre.	13^c,15	
Voyageur »	9,83	moyenne des voyageurs 4 fr. 18.
Militaire »	2,70	

Au premier abord, ces tarifs semblent élevés comparativement à ceux perçus en France. Ainsi le tarif moyen de la tonne de marchandise sur la ligne Vienne-Trieste ressort à 9^c,6, tandis qu'il ne serait en France que de 6^c, 08.

Pour les voyageurs ordinaires nous avons perçu en moyenne 7^c,23, au lieu de 5^c,53 en France.

Mais si nous prenons ici le tarif moyen des voyageurs civils et militaires, au lieu de 7^c,23, nous tombons à 4^c,03.

En résumé, le tarif des marchandises est plus haut, mais celui des voyageurs se réduit tellement par le bas prix des transports militaires, qu'il est, en définitive, inférieur à celui perçu en France.

Je dois encore faire observer que les tarifs ci-dessus sont perçus en papier dont la perte au change, pour avoir le produit en francs, a été en moyenne de 20 pour 0/0 dans l'année 1866. Conséquemment, les tarifs moyens de 9^c,6 pour la tonne de marchandise, et de 4^c,03 pour les voyageurs, perçus en 1866 pour la ligne Vienne-Trieste, doivent être diminués de 20 pour 0/0 et se trouvent réduits à 7^c,68 pour la tonne kilomètre, et à 3^c,22 pour le voyageur et militaire kilomètre.

La même réduction doit être faite pour les tarifs perçus sur le Semmering qui deviennent ainsi :

10^c,52 par tonne kilomètre
et 3^c,34 » voyageur et militaire kilomètre.

Je ne pense pas m'être trompé dans mes calculs, mais si vous ne les trouviez pas exacts, je serais toujours prêt à y revenir.

Recevez, je vous prie, monsieur le président, l'assurance de mes sentiments bien dévoués.

Signé : DESGRANGE.

Vienne, le 1er août 1867.

RAPPORT

Sur le concours pour la médaille en or, fondé par la Société dans la séance du 15 juin 1866.

Notre Société a décidé, dans sa séance du 20 juillet 1866, qu'un prix annuel serait fondé pour être décerné à l'auteur du meilleur Mémoire déposé avant le 31 décembre de chaque année.

Que chaque section choisirait parmi les travaux soumis à son examen celui qu'elle jugerait le meilleur, et que les Mémoires, ainsi choisis, seraient examinés de nouveau par une Commission formée des Président et Vice-Présidents de la Société.

Cette Commission s'est réunie pour procéder à cet examen.

Les travaux envoyés par les sections étaient :

1° Le Mémoire de M. Arson, *sur la détermination des pertes de charge dues au frottement des gaz qui se meuvent dans de longues conduites;*

2° Le Mémoire de M. Lavalley, *sur les travaux du canal maritime de Suez;*

3° Le Mémoire de M. Jules Flachat, *sur le fleuve du Darien et sur la possibilité d'un canal intérocéanique entre Rio-Grande del Darien et l'Atrato;*

4° Le Mémoire de M. Birlé, *sur le montage des halles des gares de Milan et de Turin.*

La Commission s'est guidée dans le choix à faire d'après les principes suivants :

Il lui a semblé qu'à égalité de mérite intrinsèque des Mémoires présentés, la condition essentielle de ses préférences devait être le caractère permanent d'utilité résultant de recherches et d'études à la fois scientifiques et industrielles, sur un sujet d'une application générale dans l'industrie. Viendrait ensuite l'utilité, aussi opportune ou aussi immédiate peut-être, mais temporaire, des Mémoires présentés contenant la description des moyens d'exécution de grands travaux, comme ceux de l'isthme de Suez; l'étude des grandes entreprises en projet, comme la traversée de l'isthme de Panama par une voie navigable; ou bien encore les moyens pratiques d'installation des chantiers, comme ceux de la construction métallique des grandes gares de chemins de fer.

Ce rang d'utilité se justifie de lui-même, sans atténuer le mérite des

divers travaux présentés au concours et comparés. Il trace une voie à la majorité des suffrages entre les diverses préférences accordées par les sections dans l'examen du premier degré.

Le Mémoire de M. Arson, *sur la détermination des pertes de charge dues au frottement des gaz qui se meuvent dans de longues conduites*, contient sur l'écoulement des gaz des données empiriques qui manquaient à la science. Outre sa valeur scientifique qui le met au rang des productions dont s'honorent les savants expérimentateurs, il a pour l'ingénieur le mérite incontestable de lui offrir des bases certaines pour un grand nombre d'applications. A ce titre, il aura la vie longue et les résultats en prendront place dans les règles de l'art et dans l'industrie.

Quand l'expérience apporte ainsi au secours de la théorie la détermination savamment exprimée de phénomènes physiques jusque-là incomplètement explorés, elle semble ajouter une racine féconde à l'arbre de la science.

Il a donc semblé à la Commission que l'utilité du travail de M. Arson était de premier ordre et méritait la médaille. Mais elle a également considéré comme un devoir de signaler le mérite des trois Mémoires qu'elle n'a pu récompenser.

Vous vous rappelez l'accueil fait au Mémoire de M. Lavalley, *sur la description des procédés d'exécution des travaux du percement de l'isthme de Suez*, lorsqu'il s'agissait de faire sortir ce grand projet de la crise amenée par la suppression imprévue et subite de la main-d'œuvre des populations locales. A défaut des puissantes ressources qu'elle procurait, il fallait des moyens nouveaux plus puissants encore, car le temps pressait et le choix des procédés devait offrir d'avance la garantie du succès, à peine du discrédit que l'incertitude produit toujours dans ces grandes opérations.

Le Mémoire de M. Lavalley restera comme le tableau d'une des étapes suprêmes des travaux de l'isthme. La lutte des moyens mécaniques, suppléant la main-d'œuvre absente, y prend une énergie et une ampleur qui ont vivement excité nos sympathies et notre intérêt. Les résultats, en partie assurés par un commencement à la fois laborieux et heureux, se confirment de plus en plus. L'histoire des détails viendra bientôt compléter cette brillante introduction.

Notre Société a lu, après les avoir écoutés avec faveur, les Mémoires de M. Jules Flachat, *sur la possibilité d'un canal intérocéanique entre Rio-Grande del Darien et l'Atrato*; non-seulement l'auteur a décrit les résultats de son exploration personnelle, mais il a étudié et résumé les études antérieures. Il s'agit ici d'une œuvre dont l'utilité n'est pas moindre que celle du percement de l'isthme de Suez, mais dont la difficulté est plus grande, parce que la nature présente une barrière plus haute et un climat plus meurtrier dans les basses régions du littoral du golfe du Mexique. Mais l'art ne désespère de rien, quand les solutions sont multiples et dans

les limites du possible. Notre Société encourage donc l'initiative de ses membres dans la voie des explorations et des études faites par des explorateurs de la traversée par une voie maritime de l'isthme du Centre Amérique. Que de hardis et habiles pionniers auront encore à accumuler d'efforts pour résoudre ce grand problème!

Votre Commission recommande également comme un travail des plus utiles le Mémoire de M. Birlé, *sur le montage des halles des gares de Milan et de Turin*. Le mérite de ce document, c'est d'offrir à la plupart d'entre nous des exemples précieux d'installations de travaux. Quelques-uns d'entre vous se rappelleront l'extrême utilité dont fut pour les ingénieurs, il y a près d'un demi-siècle, l'ouvrage de M. Emmery, *sur les détails de construction et d'exécution du pont d'Ivry*. Rien n'y était négligé. Ce livre, qui donnait sur la construction des ateliers de travaux, sur l'agencement des chantiers, des détails dont la connaissance est indispensable à l'ingénieur, a été le premier anneau de la longue chaîne de notions semblables qui ont dû le jour au dévouement de leurs auteurs et qui facilitent singulièrement l'exécution des grands travaux publics. Le Mémoire de M. Birlé est un des solides anneaux de cette chaîne. Il a continué un très-bon et très-utile exemple. Il serait fort à désirer qu'il fût suivi par ceux d'entre nous qui, dans la même situation que lui, peuvent recueillir, coordonner et présenter avec ordre et méthode, l'œuvre à laquelle ils ont pris part.

Les considérations qui précèdent, tout en justifiant le choix de votre Commission en faveur du Mémoire de M. Arson, vous prouvent qu'il ne s'agit pas ici d'une comparaison tendant à atténuer le mérite du travail de ses trois concurrents. Chacun d'entre vous, partant d'un point de vue spécial et des circonstances professionnelles où il est engagé, jugera peut-être autrement que nous.

L'ordre d'utilité nous a guidé, et si nous nous sommes décidés pour le caractère à la fois scientifique, général et permanent d'utilité de l'œuvre de M. Arson, nous exprimons en même temps l'estime la plus sincère pour les travaux de ses concurrents.

NOTICE

SUR

L'EMBARQUEMENT DES CHARBONS

DANS LES PORTS ANGLAIS.

PAR M. E. MOREAU.

Les moyens mécaniques employés à l'embarquement des charbons, dans les ports anglais, sont très-variés ; ils diffèrent d'après la forme du matériel roulant employé au transport sur les rail-ways, la nature du charbon et les habitudes locales ; toutes ces conditions ont influé, plus ou moins, sur la disposition des appareils et sur leur combinaison mécanique.

L'exportation des charbons du pays de Galles n'a pris de grands développements que depuis quelques années ; il a fallu construire des docks et profiter de l'expérience déjà acquise ailleurs pour les mieux approprier à leur destination ; les installations pour le transbordement des charbons ont ainsi un caractère local, qui les fait distinguer de celles qui avaient été déjà établies depuis longtemps dans les ports du nord de l'Angleterre. Les divers moyens employés permettent de classer ces installations en deux groupes, comprenant tous les appareils qui ont été appliqués au transbordement des charbons dans les divers bassins houillers du midi et du nord de l'Angleterre.

Nous décrirons successivement :

1° Les procédés mécaniques employés à l'embarquement des charbons dans le pays de Galles ;

2° Ceux qui sont en usage dans les ports du nord de l'Angleterre.

Procédés d'embarquement des charbons employés dans les ports du pays de Galles.

Les ports d'expédition des charbons du pays de Galles sont Cardiff, Newport, Swansea et Llannelly.

QUALITÉ DES CHARBONS GALLOIS. Le bassin houiller de South-Wales

s'étend de Newport à Llannelly; il produit des charbons de qualités différentes, qui peuvent être classés en trois catégories suivant leur degré de dureté.

Les charbons de la première catégorie sont durs et conviennent à tous les usages de la forge; ils alimentent les grandes usines du pays, presque toutes situées dans les Western-Valleys où sont les lieux d'exploitation de ces charbons qui sont embarqués à Newport.

Ceux de la deuxième catégorie proviennent des vallées du Taff, d'Aberdare et de Merthyr; ce sont des charbons à courte flamme, moins durs que les précédents, désignés, dans le commerce, sous le nom de charbons de Cardiff où ils sont embarqués ainsi qu'à Swansea.

Enfin, la partie occidentale du bassin, comprise entre Swansea et Llannelly, donne des charbons maigres et friables ressemblant beaucoup, par leur fragilité, à ceux du midi de la France.

De tous ces charbons on n'expédie à l'étranger que le gros. Dans les vallées de Newport et dans les environs de Swansea et de Llannelly, le menu est consommé sur place par les usines à fer et à cuivre du pays; mais, dans les vallées du Taff, d'Aberdare et de Merthyr, où l'on n'a pas l'emploi du menu, on ne monte à la surface que le gros charbon.

Le menu charbon est abandonné dans la mine, par la raison qu'il ne donnerait pas à l'exploitant un prix de vente rémunérateur; en le laissant dans la mine, l'exploitant n'a pas à payer au propriétaire du fonds la redevance dont sont grevés, à son profit, tous les charbons gros et menus qui viennent au jour.

MANUTENTION DES CHARBONS. Dans les mines des vallées d'Aberdare, du Taff et de Merthyr, le gros charbon est monté à la surface dans des wagonnets de la contenance de 1000 kilog. Il a été d'abord trié et dépouillé, dans la mine, des pierres et des schistes qui l'accompagnent ordinairement. Pour éviter le bris du gros charbon, le remplissage des wagonnets, dans la mine, est fait à la main; toutes les précautions sont ainsi prises pour livrer au commerce le maximum de gros charbon et diminuer la proportion de menu, dont la vente est sans profit pour l'exploitant. Mais, à cause de la friabilité de ces charbons, il est difficile d'atteindre entièrement ce résultat; et, malgré tous les soins apportés aux manipulations dans la mine, le transbordement des wagonnets accuse encore une quantité notable de déchet.

Pour transborder le charbon dans les wagons de chemins de fer, le wagonnet sortant de la mine est basculé, tout à la fois, sur un couloir en tôle incliné à 45 degrés, dont le fond est fait de barres de fer rond, écartées de $0^m,035$. Le charbon est ainsi classé en deux catégories : celui qui reste sur la grille et qui a une dimension au-dessus de $0^m,035$, est considéré comme gros; celui qui passe au travers et dont la dimension

est inférieure à $0^m,035$, est regardé comme menu. Cette classification en deux dimensions est la seule admise par le commerce pour les charbons gallois.

Le gros charbon glisse le long de la grille, et tombe dans le wagon placé à l'extrémité du couloir ; au-dessous du couloir est un autre wagon qui reçoit le menu fourni par le criblage.

La proportion de menu retirée ainsi du gros, est de 8 pour cent. Ces charbons menus sont employés au chauffage des machines de l'exploitation et sont rarement envoyés à Cardiff. Deux hommes suffisent à transborder le charbon dans les wagons de chemins de fer et à alimenter de wagonnets vides une extraction de 300 tonnes en 12 heures.

Ce mode de transbordement du charbon, sur le carreau de la mine, est très-expéditif et il est, pour cela, généralement pratiqué. Il convient peu cependant à la nature tendre de ces charbons ; car, à cause de la grande inclinaison du couloir, la descente est très-rapide et le gros charbon, en arrivant dans le wagon, se brise en faisant du menu.

WAGONS EMPLOYÉS AU TRANSPORT DES CHARBONS. Tous les wagons employés au transport des charbons sont munis d'une portière à l'une des extrémités, ouvrant de bas en haut, pour servir au déchargement. La contenance des wagons est variable, elle est de 5 à 10 tonnes : ceux qui circulent sur les chemins à voie étroite portent jusqu'à 7 tonnes ; sur le South-Wales rail-way, qui est à voie large, ils en portent 10.

Les wagons sont tarés deux fois par an, en été et en hiver. Le commerce accepte ces conditions, mais il a le droit de contrôler la tare, quand il doute de son exactitude ; pour cela, il y a au niveau de chaque appareil de transbordement, une bascule qui sert au pesage des charbons et qui rend cette vérification toujours facile, quand le wagon a été déchargé.

Les wagons appartiennent aux compagnies de chemins de fer ou à des compagnies particulières qui les louent aux exploitations ; le prix de la location est de 8 à 9 livres sterlings (200 à 225 fr.) par an, suivant la contenance.

Pour les wagons loués aux exploitations sur le Taff-Wales rail-way, les frais de traction s'établissent ainsi, par tonne et par mille :

Droits de circulation.	4/8	penny	$0^f,0500$
Traction	3/8	»	0, 0375
	7/8		0, 0875

Quand les wagons sont fournis par les compagnies de chemins de fer, les mêmes frais sont :

Droits de circulation.	4/8	penny	$0^f,0500$
Traction	3/8	»	0, 0375
Wagons	1/8	»	0, 0125
	1	penny	0, 1000

Ces prix correspondent à $0^f,053$ et $0^f,061$ par tonne et par kilomètre.

PESAGE DES CHARBONS. Le pesage des charbons est toujours fait au port d'embarquement. Le poids obtenu est accepté par le vendeur, l'acheteur et la compagnie du rail-way ; il sert à appliquer le tarif, et il figure aussi sur le connaissement du navire : de cette manière, le contrôle du poids des charbons expédiés est rendu facile à toutes les parties intéressées; divers moyens de pesage sont employés ou à l'essai dans divers ports. Les uns s'appliquent au wagon lui-même, d'autres à un compartiment du couloir; d'autres, enfin, à un récipient à bascule, placé à l'extrémité du couloir. On cherche à opérer le pesage sans retarder l'embarquement.

APPAREILS D'EMBARQUEMENT. — Les appareils d'embarquement sont la propriété des rail-ways qui ont accès dans les docks et qui les exploitent, ou la propriété des compagnies concessionnaires des docks, qui les exploitent également à leur compte; ils sont placés, le plus souvent, à un niveau supérieur à celui du quai des docks; ils sont, dans ce cas, raccordés à la voie principale, qui est en remblai, par un viaduc en bois sur lequel sont posées les voies de garage se bifurquant sur le berceau de l'appareil, au moyen d'aiguilles ou d'une plaque tournante; ces voies servent à la manœuvre des wagons pleins et vides.

La hauteur des appareils dépend surtout du niveau des quais par rapport à celui de l'eau du bassin; il y a avantage à les établir au niveau du quai; on évite ainsi des constructions coûteuses; l'établissement des voies de garage est plus facile, et on peut disposer des quais pour tout autre trafic, car les appareils d'embarquement n'occupent, en moyenne en longueur et en largeur, qu'un espace de $3^m,60$ sur $6^m,00$. Ils sont espacés de 30 mètres; cette distance est plus que suffisante pour permettre aux navires de manœuvrer, sans gêne, dans les docks. La figure 1 (PL. 85) donne un ensemble général des docks de Cardiff, avec la disposition des voies et des appareils d'embarquement.

Dans les ports gallois, la disposition mécanique de la plupart des appareils repose sur ce principe que le wagon doit être déchargé en bloc. Le wagon est muni pour cela, comme il a été dit plus haut, d'une portière placée à l'une des extrémités et ouvrant de bas en haut; pour faire le transbordement, il faut faire basculer le wagon, qui est ainsi déchargé par bout : d'où vient le nom de *Tip*, qui a été donné à l'installation tout entière.

Ce mode d'embarquement est généralement appliqué à Newport, Cardiff et Swansea; on le trouve aussi à Birkenhead.

Il y a deux sortes de *tips* : le *tip* à contre-poids et le *tip* hydraulique. Dans la partie occidentale du pays de Galles, qui donne des charbons

friables, on emploie une disposition différente, dans le but de ménager le charbon. On se sert d'un matériel spécial pour le transport du charbon, qui est placé dans des caisses en tôle se vidant par le fond et de la contenance de 2 tonnes ½; on met quatre caisses sur un wagon plate-forme, et, au port d'embarquement, ces caisses sont enlevées une à une par l'appareil et versées dans le navire. Cette installation est désignée sous le nom de *Drop* hydraulique, à cause de la pression hydraulique qui en est le moteur.

On emploie encore, à l'embarquement des charbons, les grues hydrauliques et quelques appareils spéciaux, propres à certaines exploitations et dont il sera parlé dans la suite.

Tip a contre-poids. — Le *tip* à contre-poids est toujours placé à un niveau supérieur à celui du quai. A Cardiff, dans Bute dock, la hauteur au-dessus du quai est de 24 pieds anglais ($7^m,20$). Le *tip* est relié à la voie principale par un viaduc en bois, sur lequel sont placés les garages qui reçoivent les wagons pleins et vides. Le système consiste en quatre montants en bois, entre lesquels se meut sur des galets une plate-forme équilibrée par quatre contre-poids, un frein et un couloir pour conduire le charbon, du wagon dans le navire (fig. 2, 3 et 4, Pl. 85).

Aux extrémités A de la plate-forme, sont fixés quatre chaînes ou quatre câbles plats B en fil de fer, s'enroulant sur quatre poulies à gorge C; chaque chaîne porte, à son extrémité, un contre-poids D, et sur l'arbre des poulies, sont calés deux freins E commandés par un levier F. Sur un côté du *tip*, est un treuil G, avec une chaîne qui s'enroule sur les poulies HH; la chaîne porte, à son extrémité, deux bouts munis d'un crochet destinés à être fixés sur les tampons du wagon, quand ce dernier est placé sur la plate-forme.

Le couloir se meut verticalement sur deux galets, entre les deux montants le plus rapprochés du mur du quai. Il est relié à l'ensemble du système par deux chaînes fixées aux extrémités K et K′, passant sur les poulies LM et L′M′; sur l'arbre des poulies M′ sont un frein F′ et un contre-poids D′ qui sert à équilibrer le poids du couloir.

Au moyen de cette disposition, le couloir peut être élevé ou abaissé, suivant les dimensions du navire mis en charge; il est maintenu invariablement dans une position déterminée à l'aide du frein F′.

Enfin, l'inclinaison du couloir est réglée au moyen d'un treuil P, qui porte une chaîne s'enroulant sur les trois poulies R.

L'angle d'inclinaison le plus favorable à la chute du charbon est de 5 degrés pour le gros, et de 45 à 50 degrés pour le menu.

Pour le déchargement du wagon, on procède ainsi : le wagon plein tant placé sur la plate-forme, on ouvre la portière et on décroche arrêt. Le wagon sollicité par son propre poids descend verticalement, frein sert à modérer la vitesse; mais en même temps la chaîne du

treuil G, en agissant sur les tampons du wagon, le fait basculer. Dans cette manœuvre, le wagon subit deux mouvements : l'un vertical et l'autre de bascule; le charbon passe ainsi du wagon dans le couloir et tombe dans le navire; la plate-forme, sollicitée alors par les contre-poids, remonte en entraînant, dans son ascension, le wagon vide.

Le charbon exporté du pays de Galles l'est toujours à l'état de gros, mais comme de la mine au port d'embarquement, il se fait encore du menu, pour l'en débarrasser, on lui fait subir un criblage sur le *tip*. Le fond du couloir est muni, à cet effet, de deux cribles formés de barreaux écartés de $0^m,035$. Le gros charbon, en passant sur ces cribles, est privé de tout le menu qui l'accompagne; le menu descend sur le quai par un couloir placé sous le premier crible; et sur le navire, par un couloir placé sous le second crible. Ce menu est rejeté à la pelle, sur le quai. La quantité de menu retirée est de 9 p. 100 en moyenne, qu'on défalque du poids du wagon qui a été déjà pesé au niveau des *tips;* la différence donne le poids à porter sur le connaissement.

Le passage du charbon sur les deux cribles est désigné dans le commerce sous le nom de *double criblage*. Le prix de l'embarquement n'est pas augmenté par cette opération, qui n'exige aucune main-d'œuvre supplémentaire; le menu qui en provient reste la propriété du marchand qui est tenu de le faire enlever à ses frais de dessus le quai.

La manœuvre de l'embarquement est très-rapide : un *tip* bien servi peut transborder 1,000 tonnes de charbon en douze heures; mais il faut, dans ce cas, que le navire satisfasse à certaines conditions, qu'on ne trouve que dans les vapeurs charbonniers spécialement affectés à ce trafic. Ces vapeurs sont tous munis, dans ce but, de trois grandes écoutilles disposées de manière à faciliter l'embarquement et l'arrimage.

Trois hommes et un cheval suffisent à la manœuvre des wagons et à celle de l'appareil. Le prix de revient d'une tonne embarquée est de $0^f,021$ (1).

Le chargeur paye $2^d 1/4$ ($0^f,225$) par tonne embarquée. L'arrimage est taxé à raison de 2^d $3/4$ ($0^f,275$) par tonne. Ce mode d'embarquement est expéditif, mais il produit, dans le transbordement, beaucoup de menu, à cause de la grande masse mise en mouvement, de la rapidité de l'opération et de la hauteur de chute du charbon dans le navire.

Pour éviter l'inconvénient de cette hauteur de chute, les *tips* portent un système de bucket ou benne à contre-poids, s'ouvrant par le fond, pour recevoir le charbon à l'extrémité du couloir et le descendre à fond du navire. Mais comme l'usage de cet appareil ralentit le chargement, il est très-rarement employé.

1. Dans ce prix ne sont pas compris les frais généraux, ni ceux de premier établissement.

PRESSION HYDRAULIQUE. — Dans les ports où l'on se sert de la pression hydraulique, on l'emploie à mettre en mouvement toutes les machines qui sont en usage dans les docks; ainsi, les portes d'écluse, les grues, les appareils pour l'embarquement des charbons et les wagons sur les voies de garage sont mus de cette manière. Pour cela, toutes les machines sont mises en communication, au moyen d'une conduite souterraine, avec un accumulateur d'une forme spéciale, dans lequel est emmagasinée, à l'aide de pompes, la pression hydraulique.

L'accumulateur est représenté en coupe verticale (fig. 5, Pl. 86). Il consiste en un cylindre en fonte A, dans lequel se meut un plongeur B, sur lequel est suspendue une caisse en tôle C, chargée d'un poids suffisant pour donner la pression à l'eau. Le cylindre a une capacité telle qu'il contient la plus grande quantité d'eau qui peut être consommée par l'action simultanée de toutes les machines mises en mouvement. Quand les pompes élèvent plus d'eau dans l'accumulateur que les machines n'en usent, le plongeur se lève et le surplus est emmagasiné dans le cylindre; mais quand, au contraire, la quantité d'eau emmagasinée est moindre que celle qui est consommée, le plongeur descend avec sa charge et comble ainsi la différence.

L'accumulateur sert encore de régulateur de la machine motrice des pompes, en fermant graduellement la soupape d'admission de la vapeur, quand le plongeur s'élève à une certaine hauteur, et en l'ouvrant, quand il baisse; ainsi, la vitesse de la machine est ralentie ou accélérée suivant le volume d'eau qui est contenu dans l'accumulateur.

Les pompes, au nombre de deux, sont à double effet et commandées par une machine à haute pression, composée de deux cylindres horizontaux, dont les tiges des pistons agissent directement sur les plongeurs. Elles ont la forme indiquée (fig. 6, Pl. 86), et sont disposées de manière que la quantité d'eau introduite dans l'accumulateur est toujours la même pour chaque coup de piston; l'alimentation est ainsi égale et continue. Pour cela, on a donné au plongeur une section qui est la moitié de celle du piston; l'espace annulaire qui entoure le plongeur a donc un volume égal à la moitié de celui du corps de pompe. Le jeu des pompes est réglé par deux soupapes : l'une d'admission G et l'autre de retenue D qui est en même temps une soupape d'exhaustion.

Quand le piston est au haut de sa course, l'eau, contenue dans l'espace annulaire qui entoure le plongeur, est lancée dans l'accumulateur, tandis qu'une certaine quantité d'eau entre derrière le piston par la soupape d'admission G; et quand le piston est au bas de sa course, l'eau, qui est derrière lui, est refoulée par la soupape D, une moitié passe dans l'espace annulaire placé de l'autre côté du piston, pendant que l'autre moitié est lancée dans l'accumulateur. Ainsi, chaque coup de piston introduit la même quantité d'eau dans l'accumulateur.

La pression effective de l'eau est de 50 atmosphères dans les tuyaux qui

sont assemblés par emboîtement. Pour rendre le joint étanche, on lui a donné une forme spéciale (fig. 7, Pl. 86). Dans le fond de la gorge, qui est en forme de queue-d'aronde, on a placé un anneau en gutta percha. En serrant avec deux boulons les brides du joint, on force l'anneau à remplir complétement l'espace vide; le passage de l'eau à travers le joint est rendu ainsi impossible, quelle que soit la pression sous laquelle fonctionne la machine.

La pression hydraulique est appliquée à la manœuvre de trois sortes d'appareils, servant à l'embarquement des charbons : le *Tip*, le *Drop* et les *Grues*.

Ces appareils seront décrits successivement.

A Swansea, le charbon est transporté des mines au port d'embarquement dans des wagons munis d'une portière placée à un bout, comme à Cardiff, ou dans des caisses en tôle qui se vident par le fond; on place quatre caisses sur un wagon plate-forme.

L'obligation de faire le transbordement du charbon avec l'un ou l'autre matériel a nécessité la combinaison d'un système qui réunit le *tip* et le *drop* hydrauliques; le *drop* est placé au-dessus du *tip*, l'un et l'autre sont dirigés par le même homme.

Les figures 8 à 13 (Pl. 86) représentent, en coupe et en plan, l'ensemble de l'installation.

Les wagons arrivent à un niveau de 6m,30 au-dessus du quai, en passant sur un viaduc en bois qui relie les appareils à la voie principale. Les voies d'amenée sont perpendiculaires à la direction du dock; le passage d'un wagon, d'une voie sur l'autre, est fait au moyen d'un chariot, comme dans les remises de voitures, pour la manœuvre du matériel roulant.

TIP HYDRAULIQUE. — Le mécanisme du *tip* hydraulique consiste en un berceau sollicité verticalement par un cylindre et un plongeur agissant à la manière d'une presse hydraulique; le berceau est surmonté d'un cadre sur lequel est placé le wagon à transborder; ce cadre peut osciller autour d'une de ses extrémités, quand il est pressé par un autre cylindre fixé sur le berceau et semblable au premier; un jeu de soupapes règle l'entrée et la sortie de l'eau dans les deux cylindres. Enfin, un couloir destiné à recevoir le charbon complète le système.

Pour satisfaire aux dimensions des plus grands navires, le wagon peut être élevé à 2 mètres au-dessus du niveau des rails ou abaissé, si cela est nécessaire, à 4m,50 au-dessous.

L'élévation ou l'abaissement des wagons est fait au moyen d'un cylindre A, portant un plongeur A', mis en communication avec l'accumulateur; l'entrée et la sortie de l'eau sont réglées par un levier H qui commande un jeu de soupapes représentées en K. Le cylindre A est fixé au-dessous du berceau en fer B, sur lequel est placé un chariot C, sur-

monté d'un cadre D qui peut osciller autour d'une charnière en recevant la pression d'un cylindre D′, dont le mouvement vertical est réglé par un levier de la même manière que celui du cylindre A.

Le chariot C sert à faire passer les wagons vides sur la voie de retour; les rails, sur lesquels il circule, sont inclinés du côté de la voie des wagons vides. Quand on décroche l'arrêt E, le chariot descend entraîné par son propre poids; sa vitesse est ralentie par un moufle hydraulique qui le ramène ensuite sur le berceau pour recevoir de nouveau un wagon plein.

Le couloir G a une capacité assez grande pour contenir la charge d'un wagon, et se meut verticalement en glissant sur des galets entre les deux montants F; il est relié à l'ensemble de l'appareil par deux chaînes LL, fixées en I, passant sur les poulies P et venant s'attacher le long des montants F, en un arrêt Q, au moyen d'un goujon mobile qu'on passe dans un maillon.

Le berceau a un poids supérieur à celui du couloir; on utilise cette différence de poids pour manœuvrer ce dernier. Pour l'élever, on donne un mouvement vertical au berceau, sur les deux côtés duquel sont deux crochets auxquels on attache les chaînes L; en ouvrant alors la soupape d'exhaustion du cylindre A, le berceau sollicité par son propre poids descend, en faisant remonter le couloir G le long des deux montants F.

Pour abaisser le couloir, on décroche les chaînes qui sont arrêtées en Q; il est alors entraîné par son propre poids et prend, le long des montants F, la position qu'on veut lui donner.

L'inclinaison du couloir est réglée en agissant sur les chaînes L′ de la même manière que sur les chaînes L.

Pour effectuer le transbordement du charbon on procède ainsi : le wagon plein étant placé sur le cadre D, le berceau B est élevé ou abaissé au niveau du couloir, suivant le cas, au moyen du cylindre A; on ouvre la portière du wagon et on applique la pression au cylindre D′. Le cadre D subit alors un mouvement de bascule, qu'il transmet au wagon; le charbon tombe dans le couloir et, de là, dans le navire. En ouvrant les soupapes d'exhaustion des cylindres A et D′, le berceau et le cadre reprennent la position horizontale qu'ils avaient au début; à ce moment, le chariot retenu par un arrêt E, au berceau B, est rendu libre et est entraîné par son propre poids du côté de la voie des wagons vides, sur laquelle on fait passer le wagon; le chariot est ramené vers la voie des wagons pleins et l'opération du transbordement continue.

DROP HYDRAULIQUE. — Les caisses qui servent au transport du charbon embarqué au moyen du *drop* hydraulique ont une forme spéciale (fig. 14, Pl. 86). Le fond des caisses est composé de deux volets mobiles autour de charnières, ouvrant de haut en bas et rendus solidaires du corps de la caisse par deux chaînes fixées en B et B′. Quand une caisse repose sur le wagon plate-forme, les deux volets sont rappro-

chés et les chaînes sont libres; elles ne sont tendues qu'un instant avant l'enlèvement qui n'a lieu qu'autant qu'on a rendu les volets invariables, car autrement le poids du charbon tendrait à les faire écarter.

Dans son mouvement d'ascension, la caisse doit donc être sollicitée par trois chaînes, dont l'une est attachée à la caisse et les deux autres maintiennent fermés les volets du fond. Dans le transbordement, il faut que la caisse soit enlevée d'abord de dessus le wagon et ensuite transportée sur le navire, ce qui nécessite un mouvement vertical et un mouvement de translation, conditions auxquelles satisfait l'appareil à l'aide : 1° d'une flèche mobile autour des points R; 2° de quatre cylindres communiquant avec l'accumulateur, disposés comme dans la presse hydraulique. Chaque cylindre est muni d'un plongeur faisant mouvoir une chaîne qui s'enroule sur des poulies à la façon d'un moufle : on a ainsi, pour une faible course du piston, une grande extension de chaîne.

La flèche en bois M, mobile autour de RR, est guidée dans sa rotation par la chaîne J″, qui passe sur la poulie *p*, et qui reçoit le mouvement du cylindre J. Au début de l'opération, la flèche occupe la position M′, sur laquelle passent les trois chaînes K″, I″ et N″, après s'être enroulées, la première K″ sur les poulies *p′ p″* et *p‴* et les deux autres I″ et N″ sur les poulies *p″* et *p‴*. La chaîne K″ est attachée à la caisse et les chaînes I″ et N″ le sont aux volets du fond; elles sont mises en mouvement par les trois cylindres K, I, N communiquant, comme le cylindre J, avec l'accumulateur, qui leur transmet la pression de l'eau dont l'entrée et la sortie sont réglées au moyen de leviers, placés en H sous la direction de l'homme qui manœuvre le *tip*.

MANŒUVRE DES CAISSES POUR LE TRANSBORDEMENT DU CHARBON. — Le fond de la caisse étant assujetti par les chaînes I″ et N″, on l'enlève de dessus le wagon plate-forme, au moyen de la chaîne K″; son poids agissant à l'extrémité de la flèche M′ fait pivoter celle-ci autour de R et lui fait prendre la position M. Dans ce mouvement, la caisse est entraînée et vient se placer à l'aplomb du panneau de charge; à ce moment, en agissant sur le cylindre J, le mouvement de rotation est arrêté, la chaîne K″ fonctionne seule, et la caisse descend dans le navire; les chaînes I″ et N″ étant ensuite rendues libres, les volets du fond s'ouvrent et le charbon tombe. En répétant la manœuvre contraire, on ferme les volets de la caisse qui est remontée et placée sur la plate-forme. Quand on a déchargé les quatre caisses, la plate-forme est poussée vers la voie des wagons vides, puis le chariot est ramené vers celle des wagons pleins, sur laquelle on fait passer une nouvelle plate-forme avec quatre caisses pleines.

Ce mode de transbordement par caisse a l'avantage de ménager le charbon en en embarquant de petites quantités à la fois : et, au début du

:hargement, quand la hauteur de chute du charbon est la plus grande, l'éviter le bris du gros, en descendant les caisses, aussi bas que possible lans l'intérieur du navire. Dans la manœuvre du *tip* il en est tout autrement.

Le *drop* et le *tip* peuvent être employés isolément ou simultanément, uivant le matériel qui sert au transport de la houille. On peut commencer le chargement du navire avec le *drop* et le finir avec le *tip;* au lébut de l'opération, on forme ainsi, dans la cale du navire, un cône le charbon sur lequel on verse ensuite le contenu des wagons en les basculant sur le *tip;* c'est un moyen d'éviter le bris du gros qui est généralement pratiqué à Swansea, dont les charbons sont plus friables que ceux de Cardiff.

La quantité, qui peut être embarquée par l'un ou l'autre procédé, est le 1,000 tonnes en 12 heures. Trois hommes suffisent à la manœuvre des wagons et à celle de l'appareil. Le prix de revient par tonne embarquée, s'établit ainsi :

Machines, eau	0f,014
Main-d'œuvre	0, 011
Total	0f,025

TIP HYDRAULIQUE SITUÉ AU NIVEAU DES QUAIS. Quand les circonstances locales le permettent, les appareils ci-dessus décrits sont placés au niveau des quais, comme à Newport, à Birkenhead et à Silloth-dock près Carlisle. Il y a économie et commodité à agir ainsi. On évite la construction de viaducs et on établit les voies de garage parallèlement au quai, d'où le passage des wagons sur l'appareil se fait au moyen de plaques tournantes. Le mécanisme est identique à celui des appareils de Swansea, à l'exception du chariot qui est supprimé et dont l'emploi devient inutile à cause de la disposition des voies.

A Silloth-dock, près Carlisle, qui est un port de création récente, on a établi un système de *tips*, qui diffère du précédent par quelques détails. Avec le *tip* ordinaire, on ne peut transborder que des wagons munis d'une portière à un bout, tandis qu'avec celui qui est usité à Silloth-dock, on peut transborder ces wagons et ceux en usage dans le nord de l'Angleterre qui se vident à l'aide d'une trappe placée en dessous entre les deux essieux. Le berceau sur lequel repose le wagon porte, à cet effet, une trémie dont la communication avec le couloir est établie à l'aide d'un manchon automoteur fixé sur le berceau (figures 15 et 16, pl. II).

Pour opérer le transbordement, le wagon étant élevé à la hauteur voulue, on ouvre la trappe du fond; le charbon tombe dans la trémie et de là, dans le couloir et le navire.

Quand on opère avec des wagons munis d'une portière à un bout, on

agit à la manière ordinaire; mais, au lieu de soulever le cadre à l'aide d'un cylindre et d'un plongeur, on emploie un moufle hydraulique, placé sur le côté de l'appareil dont la chaîne s'enroule sur un tambour A calé sur un arbre portant deux autres tambours C et D, sur lesquels s'enroulent deux chaînes dont les extrémités sont accrochées sur le cadre. Le mouvement du moufle étant communiqué à l'arbre, les deux chaînes placées sur les tambours C et D s'enroulent en soulevant le cadre; le wagon est ainsi basculé.

On peut embarquer 1,000 tonnes de charbon par jour.

Le prix de revient est le même qu'à Swansea : il est de 1/4 penny par tonne, soit 0f,025, main-d'œuvre et machines comprises.

Au moyen de cet appareil, on peut élever à la hauteur de 5m,70 des wagons chargés pesant 13 tonnes, tare comprise.

MANŒUVRE DES WAGONS SUR LES VOIES DE GARAGE AU MOYEN DE LA PRESSION HYDRAULIQUE. La pression hydraulique, qui sert au transbordement des wagons, est aussi utilisée à leur manœuvre sur les voies de garage situées près des appareils d'embarquement. Pour cela, un cabestan est placé sur un des accotements de la voie; une chaîne est fixée d'un bout au crochet de traction du wagon, et, de l'autre, elle s'enroule sur le cabestan qui est mis en mouvement par la machine représentée en plan et en coupe, dans les figures 17 et 18 (Pl. 87).

Cette machine consiste en trois cylindres oscillants, agissant sur trois manivelles inclinées à 120°, l'une par rapport à l'autre, et trois tiroirs de distribution, un pour chaque cylindre. Les trois cylindres A sont munis de plongeurs B, au lieu de pistons, et sont à simple effet. Les tiroirs V sont mus par l'oscillation des cylindres, dont ils reçoivent le mouvement par l'intermédiaire des leviers L.

Quand la partie inférieure du cylindre est abaissée, le tiroir est ouvert, l'eau passe du tuyau de pression P dans le tuyau C, et, de là, dans le cylindre, où elle agit sur le plongeur qui est ainsi poussé en avant; à son retour, la partie inférieure du cylindre est élevée; alors toute communication avec le tuyau P de pression est interceptée, et l'eau s'échappe du cylindre par le tuyau E; une soupape de retenue, placée en I, empêche le choc qui pourrait avoir lieu quand le plongeur est à la fin de sa course, et que toute communication avec le tuyau d'exhaustion est fermée.

Le cabestan reçoit, de cette manière, le mouvement, par l'intermédiaire de la roue d'engrenage R qui communique avec un engrenage conique.

La machine et la transmission sont placées sous le sol entre les rails. l'homme préposé à la manœuvre des wagons donne le mouvement à une pédale qui le transmet à la machine par l'intermédiaire d'un levier assemblé avec les tiges des tiroirs V.

GRUE HYDRAULIQUE. On emploie, dans certains cas, la grue hydrau-

lique à l'embarquement des charbons, mais plus souvent au délestage et au déchargement des navires. Cette machine, qui est d'une manœuvre rapide et économique, est l'application la plus répandue de la pression hydraulique comme moteur. La simplicité du mécanisme, le peu de place qu'il occupe, l'ont fait adopter généralement comme moyen élévatoire des marchandises dans les docks, les magasins et les gares de chemins de fer. Les figures 19 et 20 (Pl. 87) représentent en élévation et en plan la disposition générale d'une grue hydraulique. Le cylindre A, qui sert à élever la charge, est disposé horizontalement au pied de la grue. Il est muni d'un plongeur B, portant à son extrémité extérieure les poulies C; la chaîne, qui sert à élever la charge, est attachée à une des extrémités du cylindre A et passe alternativement auteur des poulies mobiles C et des poulies fixes D, placées à l'extrémité inférieure du cylindre A. On forme ainsi un moufle qui, pour une petite course du plongeur, donne une grande extension de chaîne; enfin la chaîne s'enroule sur la poulie guide E en se développant le long de la flèche. Le mouvement est donné à la chaîne par le levier G, qui agit sur les soupapes d'admission et d'exhaustion maintenues fermées par les poids H et I. En ouvrant la soupape H, l'eau passe du tuyau de pression J dans le cylindre A et la charge est élevée; en ouvrant la soupape d'exhaustion I, l'eau s'échappe du cylindre par le tuyau de sortie K et la charge descend.

Pour empêcher la charge d'être élevée trop haut, le plongeur B est limité dans sa course extérieure par la poulie C mise en contact avec un arrêt communiquant avec le levier G qui ferme alors les soupapes. Le poids de la charge agissant sur la chaîne fait rentrer le plongeur dans le cylindre; à défaut de charge, un petit cylindre supplémentaire L agit sur le plongeur et l'oblige à prendre sa course en arrière.

On transmet à la grue un mouvement giratoire au moyen de deux cylindres N et O munis chacun d'un plongeur, portant une poulie à leur extrémité supérieure. Ces cylindres agissent sur la grue à l'aide d'une chaîne sans fin qui s'enroule sur sa base et sur les poulies des cylindres N et O; le mouvement est donné par un tiroir qui commande un levier placé à côté de G. Quand un des cylindres reçoit la pression, l'autre est ouvert à l'exhaustion.

Le manque d'élasticité de l'eau pourrait occasionner des ruptures en abaissant la charge ou en faisant tourner la grue, si on fermait subitement les soupapes. Pour empêcher ces causes d'accidents, on a donné à l'appareil de distribution une disposition particulière en combinant quatre clapets en cuir qui fonctionnent simultanément avec le tiroir de distribution (fig. 21, Pl. 87).

Les espaces P P communiquent avec le tuyau de pression J, et les espaces E E avec celui d'exhaustion K. Quand le tiroir se meut dans le sens de la flèche, la pression est interceptée avec R, S étant toujours en communication avec le tuyau d'exhaustion K; à ce moment, le clapet T

s'ouvre de bas en haut et laisse passer une petite quantité d'eau du tuyau K dans R pour maintenir le plongeur jusqu'à ce qu'il soit à la fin de sa course. Quand le tiroir occupe la position indiquée sur le dessin, toute communication est fermée entre S et le tuyau K d'exhaustion; la pression de S étant augmentée par le mouvement ultérieur du plongeur, avant qu'il soit complétement arrêté, le deuxième clapet U se lève et une petite quantité d'eau retourne dans l'espace P qui communique avec le tuyau de pression J.

En faisant marcher le tiroir dans la direction opposée, les deux autres soupapes sont mues de la même manière. On évite ainsi les chocs et les accidents, et la conduite de la grue est rendue plus facile.

Quand la grue doit avoir une puissance variable, on emploie un seul cylindre (fig. 22, 23 et 24, Pl. 87). A est le cylindre qui est assemblé avec un piston E et un plongeur B; l'eau passe de l'accumulateur dans la boîte à soupapes F par le tuyau de pression J et la soupape d'admission H. En ouvrant la soupape L, l'eau entre dans le cylindre par les deux extrémités et exerce alors une pression sur les deux faces du piston; l'effort produit est proportionnel à la section du plongeur B, il représente ainsi la plus petite puissance. Si on ferme la soupape L et si l'on ouvre la soupape M, la partie supérieure du cylindre ne communique plus avec l'accumulateur; l'eau, qui y est contenue, s'échappe par le tuyau d'exhaustion K, et celle qui agit sur la partie inférieure du piston produit l'effort le plus grand qui est proportionnel à la section du cylindre.

Pour abaisser la charge, on ferme les soupapes H et M, et l'on ouvre la soupape d'exhaustion I; l'eau passe alors du cylindre dans le tuyau d'exhaustion K; en même temps la soupape L est ouverte; l'eau entre dans la partie supérieure du cylindre, où elle agit sur la face du piston pour régler sa vitesse pendant la descente. La soupape N évite toute cause de rupture pendant l'abaissement de la charge, en permettant à l'eau du cylindre d'être refoulée dans le tuyau de pression, quand elle est soumise à une force de compression supérieure à celle de l'accumulateur.

Quand on applique la grue hydraulique à l'embarquement des charbons, les dimensions varient suivant le poids de la charge à élever, qui n'est pas moindre de 2 tonnes et qui, quelquefois, est celui d'un wagon ordinaire.

Dans le pays de Galles, les grues servent, le plus souvent, au délestage des navires. A Liverpool, dans Bromley-Moore et Wellington-Docks, la compagnie du Lancashire rail-way n'emploie que des grues hydrauliques pour l'embarquement des charbons. Le charbon est transporté des mines au port d'embarquement dans des caisses de la contenance de 2 tonnes 1/2. On en place quatre sur un wagon plate-forme. La caisse se vide par le fond qui est formé d'une portière mobile autour de

charnières et reliée au corps de la caisse par un crochet. Dans la manœuvre du transbordement, la caisse est enlevée de dessus le wagon, transportée sur le pont du navire et descendue au fond de la cale, où, en ouvrant la portière du fond, le charbon est déposé.

Le plus souvent, le fond de la caisse se compose de deux volets mobiles autour de charnières rendues invariables, pendant l'enlèvement, à l'aide de deux petites chaînes intérieures qui sont commandées par une deuxième chaîne élévatoire, s'enroulant sur la flèche de la grue de la même manière que la maîtresse chaîne, ce qui nécessite un deuxième cylindre élévatoire avec plongeur et moufle, pour rendre la manœuvre des volets indépendante de celle de la caisse. Deux leviers, correspondant chacun à un jeu de soupapes, règlent l'entrée et la sortie de l'eau dans les cylindres. Avant de faire la manœuvre, on consolide les volets de la caisse, en raidissant d'abord la deuxième chaîne élévatoire; on procède ensuite au transbordement; quand la caisse est descendue dans le navire, les volets sont rendus libres et le charbon tombe.

La même grue, avec deux chaînes élévatoires, sert encore au transbordement des wagons, qui sont munis d'une portière en avant. Le wagon est placé sur un châssis en fer (fig. 25, Pl. 87); il est soulevé par une chaîne fixée à une élingue qui le saisit en A et en A'; un crochet, placé à l'arrière du châssis, en B, sert à attacher la deuxième chaîne de la grue. Le wagon est enlevé de dessus le quai et transporté sur le navire; à ce moment, on ouvre la portière du devant et, en donnant le mouvement à la chaîne fixée en B, le wagon bascule et le charbon tombe dans la cale du navire.

Si le wagon se décharge par une portière située en dessous et entre les deux essieux, comme en ont tous ceux employés au transport des houilles dans le nord de l'Angleterre, une seule chaîne suffit. Dans ce cas, le wagon est enlevé à l'aide d'une élingue qu'on fixe aux quatre tampons, et le transbordement se fait à la manière de celui des caisses.

La fig. 27 (Pl. 88) représente une grue qui sert au transbordement des wagons avec portière en dessous. C est le cylindre élévatoire; à l'extrémité de la tige du piston est une poulie se mouvant avec lui. Deux autres poulies sur lesquelles s'enroule la chaîne de manière à former un moufle, sont montées sur le même axe et sont placées au-dessous de la grue : P est un deuxième cylindre qui transmet à l'ensemble un mouvement giratoire. A cet effet, la tige du piston porte une crémaillère engrenant avec une roue dentée qui est placée à la base de la grue. A et B sont les boîtes à soupapes.

La quantité de charbon embarquée au moyen d'une grue hydraulique est de 500 tonnes en douze heures. Le personnel employé est de deux hommes, dont l'un manœuvre la grue et l'autre accroche les caisses ou les wagons à transborder.

Le prix de revient d'une tonne de charbon embarquée, au moye grue hydraulique, s'établit ainsi :

Machines, eau.	0f.025
Main-d'œuvre.	0f.020
Total.	0f.045

La compagnie du chemin de fer fait payer pour l'usage de 2d (0f.20) par tonne; le prix de l'arrimage est de 4d à 6d (0f.40 à 0 tonne, suivant les dimensions du navire.

DÉBARQUEMENT DES CHARBONS AU MOYEN DE GRUES HYDRAULIC A Londres, dans Stepney-dock, Victoria-dock et sur la Tamis fait une application spéciale de la grue hydraulique au débar des charbons; la manœuvre facile et rapide de cette machine e fait appropriée à cette opération à cause des délais toujours trè accordés pour la mise à terre de la cargaison.

Dans Victoria-dock, MM. William Cory et Co, marchands de c à Londres, ont établi une installation qui consiste en six grues au-dessus du niveau du quai. Les steamers à décharger sont an long du quai; ces navires, construits spécialement pour le trans houilles, portent, sur le pont, trois écoutilles, par lesquelles o en même temps le déchargement au moyen de trois grues; le est placé dans des bennes de la contenance de 600 kil., muni fond de trois galets disposés comme dans un tricycle de maniè voir circuler dans tous les sens de la cale du navire, sur un volant, placé à mesure que le déchargement avance. La benne e et, en la renversant sur un couloir qui sert de crible en mêm le charbon tombe dans un wagon ou dans un bateau, suivant suivre la voie de terre ou celle du fleuve.

Le travail se continue de jour et de nuit; la cale du stea éclairée au gaz que des tubes flexibles en caoutchouc co dans toutes les directions. En douze heures, une grue décharge nes; le personnel employé par grue est de neuf hommes, don occupés au remplissage des bennes et trois à la manœuvre de l à celle des wagons.

Le prix de revient par tonne débarquée est de 0f.127.

MM. W. Cory et Co ont établi une installation semblable sur la destinée aux navires qui doivent être déchargés en rivière. ponton flottant en tôle, ancré au milieu du fleuve, sont placées hydrauliques, dont trois de chaque côté, avec deux accu Amstrong. Le ponton a une forme hexagonale allongée, de m pouvoir recevoir un grand steamer de chaque côté; sur les quat côtés viennent se placer quatre barques; le charbon est élevé

bennes semblables aux précédentes et versé sur des couloirs placés en face de chaque grue; il tombe dans des wagonnets à bascule qui, au moyen de voies posées sur le pont du ponton, sont vidés dans les barques. Les couloirs sont pourvus de cribles pour séparer les charbons en plusieurs catégories, si cela est nécessaire.

La figure 28 (Pl. 89) représente un atelier flottant employé au débarquement des charbons, tel qu'il fonctionne sur la Tamise, avec la disposition des grues et des voies sur le ponton, et la manière dont les steamers en déchargement et les barques sont placés le long du bord.

Comme dans Victoria-dock, le travail est fait de jour et de nuit; il y a à bord du ponton, une usine à gaz, qui pourvoit aux besoins de l'éclairage.

Les six grues peuvent décharger 3000 tonnes en douze heures. Le prix de revient de la tonne débarquée est le même que dans Victoria-dock, soit 0f.127.

Quelques exploitations du pays de Galles, qui livrent à la consommation des charbons très-friables, emploient, dans le but d'éviter le déchet, des modes d'embarquement qui diffèrent de ceux déjà décrits. MM. Powels et fils, à Cardiff, se servent d'un appareil spécial (fig. 29, Pl. 87). Les charbons sont placés dans des caisses, dont la contenance est de 2 tonnes 1/2. La machine est composée de deux montants verticaux en bois, entre lesquels est placée une volée horizontale, rendue solidaire de l'ensemble au moyen de moises et de tirants en fer; sur la volée sont placées quatre poulies, dont trois fixes et une mobile, sur lesquelles passent deux chaînes, l'une se mouvant verticalement et l'autre horizontalement; ces chaînes communiquent ainsi à la caisse un mouvement vertical d'abord, et ensuite un mouvement de translation, qui sont transmis par deux bobines, sur lesquelles les chaînes s'enroulent en sens contraire. Les deux bobines peuvent être rendues indépendantes l'une de l'autre, au moyen d'un embrayage : une bobine est calée sur un arbre creux, dans lequel pénètre l'arbre qui porte l'autre bobine. Au moyen de cette disposition, les deux chaînes peuvent agir isolément sur la caisse. L'arbre des bobines est commandé par une machine de 10 chevaux. Le transbordement est fait comme avec une grue : la caisse est d'abord enlevée de dessus le wagon, transportée sur le navire et descendue dans la cale, où le charbon est déposé en ouvrant la portière du fond de la caisse. On peut, à l'aide de cet appareil, quand il est bien servi, embarquer de 4 à 500 tonnes en douze heures; trois hommes suffisent à la conduite de la machine et à toutes les manœuvres.

Le prix d'une tonne de charbon embarquée est de 0f.052.

Cet appareil est aussi employé au délestage des navires; dans ce cas.

la forme de la caisse est la même, mais les dimensions sont plus
la contenance est de 500 kil. seulement.

Dans les environs de Neath, Swansea et Llannelly, on emp
paniers pour l'embarquement des charbons. Le menu charbon
sommé dans les usines à cuivre du pays ; le gros seul est expé
à cause de sa grande friabilité, toutes les manipulations qu'il
font avec le plus grand soin.

Sur le carreau de la mine et au port d'embarquement, les wag
chargés et déchargés à la main. Pour le transbordement, le cha
placé dans des paniers de la contenance de 1 hectolitre, qui,
d'une grue, sont mis à bord, descendus dans la cale du
déposés sur un wagonnet plat; ce wagonnet circule sur des ra
au fur et à mesure que le chargement avance. Les paniers so
à la main et l'arrimage est fait de même. Ce mode d'embarquem
n'a rien de mécanique, est appliqué à tous les charbons dont la
est un empêchement à l'emploi des moyens ordinaires; il est
et plus coûteux, mais ne produit pas de déchet; c'est pourqu
préféré par les propriétaires des mines de la partie occidentale
de Galles.

Avec un personnel suffisant et expérimenté, on peut embar
tonnes en douze heures. Le prix de la tonne embarquée et ar
de 0f.25.

Procédés d'embarquement des charbons employé
les ports du nord de l'Angleterre.

Qualité des charbons du nord et du centre de l'Angleter
Les charbons du nord et ceux du centre de l'Angleterre, qui
barqués les premiers dans les ports du Northumberland, du
et du Yorkshire, et les seconds à Hull et à Grimsby, sont des
gras, durs et d'un emploi général pour la grille, le gaz et la mét
ils sont expédiés à l'état de gros, tout venant et menu; leur
la facilité de les embarquer sous l'une de ces trois formes font q
le transbordement, on n'a pas à compter avec les déchets.

Manutention des charbons. — Sur le carreau de la mine, le
de chemins de fer sont chargés, comme dans le pays de Galle
sant basculer les wagonnets, de la contenance de 1000 kil., sur
loirs inclinés à 45 degrés, à l'extrémité desquels sont placés le
qui doivent recevoir le charbon; il y a plusieurs couloirs disp

une même ligne, dont quelques-uns sont munis de barreaux écartés de 0m,035, ce qui permet de cribler les charbons.

Wagons employés au transport des charbons. — Les wagons servant au transport des charbons, dans le nord, ont subi dans ces dernières années peu de changements ; ils ont la forme d'un tronc de pyramide, avec portes en dessous, placées entre les deux essieux. Chaque wagon est de la contenance de un chaldron de Newcastle, dont le poids anglais est de 2 tonnes, 13 quintaux (2680 kil.). Ces wagons sont employés sur les deux rives de la Tyne, dans les ports du Durham et dans ceux du Yorkshire; cependant, depuis quelque temps, le North-Eastern rail-way a introduit des wagons d'une contenance de 3 chaldrons ou 8 tonnes, en conservant la porte en dessous, qui est indispensable au déchargement, à cause de la forme spéciale des appareils qui servent au transbordement.

Les charbons du centre, qu'on embarque à Hull et à Grimsby, sont transportés dans des wagons de même forme, mais de contenance plus grande que ceux en usage dans le nord.

Pesage des charbons. — Dans le nord, on ne pèse pas les charbons; jusqu'à ces derniers temps, chaque wagon était jaugé une fois par an, par les officiers des douanes et marqué d'une couronne, la contenance devait être celle d'un chaldron de Newcastle (2 tonnes, 13 quintaux); cette formalité administrative a cessé d'être remplie, mais on admet que la contenance est toujours la même.

L'emploi général des wagons avec porte en dessous a fait adopter, dans les ports du nord et de l'est de l'Angleterre, pour le transbordement des charbons, deux sortes d'appareils : le *Spout* et le *Drop*. Quel que soit le mode employé, le contenu du wagon est transbordé tout à la fois, sans être criblé. Ces appareils sont toujours placés à un niveau supérieur à celui du dock, à une hauteur variant avec la disposition des lieux.

Le spout consiste en un étui béant, situé entre les deux rails, au-dessus desquels le wagon est amené; en ouvrant la portière, le charbon tombe dans l'étui et est dirigé par des couloirs, dans l'intérieur du navire.

Le drop repose sur un principe différent : Le wagon plein est abaissé sur le pont du navire; il est guidé, dans ce mouvement de descente, par un frein et des contre-poids qui, lorsqu'il est vide, lui font reprendre la position qu'il avait avant le transbordement.

Spout. — A South-Shields, dans Tyne-dock, la disposition du spout a été bien étudiée; les détails du mécanisme, l'ensemble des voies de garage pour le stationnement des wagons forment une installation complète qu'on ne trouve pas dans les autres ports charbonniers, où l'on emploie ce mode de transbordement.

Le spout (figures 30 et 31, Pl. 88) consiste en une trémie
au-dessous du niveau des rails sur lesquels le wagon plein e
afin de pouvoir suffire à toutes les variations du niveau d
navire, pendant le chargement, cette trémie communique a
étuis superposés B, B′, B″ et B‴, munis à leurs extrém
rieure et inférieure, de volets mobiles autour de cha
équilibrés par des contre-poids P et Q, afin d'en rendre plu
manœuvre à la main. Les volets D, D′, D″ font communiquer
avec un étui quelconque, et interceptent toute communica
trémie A avec ceux des étuis qui ne doivent pas recevoir le ch

Les volets C, C′ C″ et C‴ se rabattent sur le couloir mobil
raccordant aux divers étuis, suivant le niveau auquel se fait l'
ment; le passage du charbon, d'un étui dans le couloir, a lieu
solution de continuité. Chaque étui porte, en outre, une por
rieure E, E′, E″ et E‴ destinée à arrêter la descente du charbo
pour un motif quelconque, il faut suspendre l'embarquement
tières sont manœuvrées séparément, du haut de l'appareil, au
quatre tiges t, t', t'' et t''', placées deux à deux, de chaqu
portant à leur extrémité inférieure une vis sans fin, qui eng
une roue dentée calée sur le même axe que celui autour duqu
loppe chaque porte. En donnant à la tige, avec une clef, u
ment circulaire, les portières s'ouvrent ou se ferment.

Le couloir mobile G se meut verticalement dans deux coulis
des montants F; il est élevé ou abaissé à l'aide de chaînes s
sur les treuils MM. Son inclinaison est réglée de la même ma
les treuils N N; enfin, une portière P, placée à l'extrémité du
et mue par deux chaînes s'enroulant sur le troisième treuil
arrêter la descente du charbon dans le couloir, quand on i
momentanément le transbordement.

Le cadre qui supporte tout le système repose, à sa partie i
sur des galets et un pivot autour duquel il peut tourner, quan
sur la tige S; cette tige porte à sa partie inférieure un pignon
avec une roue fixée sur la base du cadre. Cette disposition a
d'augmenter la portée de l'appareil, quand on met en charge
navire; on évite ainsi la nécessité de le déplacer pendant tout
du chargement.

On a fait un grand nombre d'expériences pour détermine
disposition des étuis, l'angle d'inclinaison qui convient le m
chute du charbon; il a été trouvé qu'un angle de 50 degrés
toutes les éventualités.

Pendant le transbordement du charbon, on doit toujours te
mie aussi pleine que possible, en laissant glisser seulement
charbon pour faire de la place au contenu du wagon ult
n'est qu'au début de l'opération, et quand on l'interrompt pou

niveau de l'appareil, que le charbon tombant alors de plus haut donne u déchet; ensuite la masse descend lentement et il ne se fait plus de enu.

Dans Tyne-dock, les spouts sont établis sur des jetées construites en ant dans le dock et ayant une direction perpendiculaire au mur du uai. Chaque jetée a dix stations pour les navires, espacées de $30^m,00$; t espacement est nécessaire à la manœuvre des navires; la hauteur s jetées est de $9^m,00$ au-dessus du niveau du quai.

Dans la disposition des voies on a eu surtout pour but d'économiser main-d'œuvre, en cherchant à utiliser la pesanteur.

La figure 32 (Pl. 89) représente un plan d'ensemble du dock avec la sposition des jetées et celle des navires. Les voies de A en B sont celles r lesquelles la locomotive conduit les wagons pleins; elles ont une clinaison de $0^m,0075$ par mètre; de ces voies, les wagons sont distriués sur les quatorze voies situées entre B et E; les deux voies centrales nt réservées au passage des wagons qui, sans stationner, doivent être heminées vers les spouts.

La répartition des wagons dans les différentes voies, à partir du point la locomotive les laisse, est faite par un homme et un enfant; c'est ce rnier qui manœuvre les aiguilles pour chaque jetée. Toutes les voies, mme il a été déjà dit, ont une inclinaison de $0^m,0075$ par mètre; les uilles et les courbes ont une inclinaison double de $0^m,015$ par mètre. Les wagons, dont les charbons doivent être embarqués, descendent s l'action de la pesanteur et sont arrêtés aussi près que possible des uts, afin que les charbons d'un même garage puissent être dirigés sur spout quelconque. Toutes les voies se bifurquent en E, d'où partent les qui aboutissent aux appareils.

Les figures 33, 34 et 35 (Pl. 89) représentent une jetée en plan, upe et élévation. Chaque spout est pourvu, sur les jetées, d'un garage nsidérable, dont l'inclinaison varie de $0^m,0075$ à $0^m,010$ par mètre; s la partie qui conduit immédiatement aux appareils, l'inclinaison plus grande : elle est de $0^m,011$ à $0^m,050$ par mètre. Deux voies, plas de chaque côté des jetées avec une inclinaison de $0^m,010$ par mètre, vent au garage des wagons vides. Ainsi donc, les wagons pleins desdent d'eux-mêmes jusqu'au lieu de déchargement et quand ils sont es, la pesanteur les entraîne sur les deux voies latérales.

Ce n'est qu'après des expériences longuement répétées dans des cirstances diverses, que le taux des pentes de ces voies de garage a été pté; il a été ainsi reconnu qu'il devait être supérieur à celui donné la théorie.

On manœuvre six wagons en même temps; ces wagons, emportés par pulsion, dépassent la trémie, dans laquelle doit être versé le char- et remontent une des voies latérales qui ont une contre-pente de 010 par mètre; la vitesse des wagons est ainsi amortie, la pesanteur

les ramène ensuite en sens contraire sur la trémie, où, en
portière du dessous, on décharge deux wagons à la fois, sans
les chaînes d'attelage. La trémie a une ouverture assez longue
voir en même temps 16 tonnes de charbon.

Ce mode de transbordement est le plus expéditif de tous c
été décrits; quand la manœuvre des wagons est bien faite, l
charbon dans le navire est presque continue, et elle n'est
que pendant le temps nécessaire à l'arrimage. Le jour de l'in
de Tyne-dock, un steamer de 420 tonnes a été chargé en
cinq minutes.

Dans le nord, les compagnies de railways se chargent de
manipulations que le charbon doit subir pour la mise à bo
du transbordement est compris dans celui du transport,
1 penny (0f.10) par tonne et par mille; dans ce chiffre, on a
de penny (0f.015) par tonne et par mille pour la location des
les frais de déchargement.

La compagnie ne fait payer que l'arrimage qui est taxé à
2d (0f.20) à 2d 3/4 (0f.275) par tonne, suivant les dimensions d

Le prix de revient par tonne embarquée est de 7/16 de
0f.043.

Le nombre des mines qui embarquent des charbons à Sou
est de 66; les charbons qui en proviennent sont divisés en 237
c'est ce qui explique la nécessité d'un si grand nombre de v
rage. La longueur des voies pour chaque jetée est de 6 milles

Le spout qui vient d'être décrit, est usité dans tous les por
et de l'est de l'Angleterre. Sur les deux rives de la Tyne, à Nor
à South-Shields, à Sunderland, à Hartlepool, etc., il fonctionn
nément avec le drop à contre-poids, de création plus ancienne
à cause de sa simplicité, continue à être appliqué au trans
des wagons de la contenance de 1 chaldron (2t,13qx).

Drop a contre-poids. — Avec le spout, le wagon est vidé
tandis que le drop le transporte sur le navire.

Le drop consiste en une plate-forme en surplomb du mu
au-dessous de laquelle le navire est placé. Cette plate-form
verticalement (fig. 36, 37 et 38, Pl. 89) sur des galets, le long
tants MM, et est reliée à l'ensemble de l'appareil, par qua
fixées à ses extrémités, passant sur les deux poulies à double
et s'enroulant ensuite sur deux autres poulies semblables
l'arbre de ces dernières sont placées, aux extrémités, de
P'' P'', sur chacune desquelles s'enroule, en sens contraire de
ment sur les poulies P' P', une chaîne supportant à son
inférieure un contre-poids; enfin, une roue d'engrenage R co
avec un pignon r qui est calé sur l'arbre portant le frein F.

ı manœuvre du transbordement se fait ainsi : le wagon placé sur la e-forme est entraîné par son propre poids et descend verticalement ong des montants M M; dans ce mouvement de descente, qui est mo- par le frein F, les chaînes des poulies P′ P′ se déroulent, tandis celles qui supportent les contre-poids s'enroulent sur les poulies ″. Quand le wagon a atteint une position convenable sur le navire, rrête le mouvement en serrant le frein; à ce moment, la portière du l est ouverte et le charbon tombe dans le navire. Les contre-poids, e relevant, font reprendre au wagon vide la position qu'il avait épart.

rois hommes sont employés à la manœuvre du drop et à celle des ons. Le prix de revient par tonne embarquée, toutes dépenses com- es, est de $\frac{734}{1000}$ de penny, soit $0^{f},0734$.

s divers appareils, qui ont été successivement décrits, quelle que leur combinaison mécanique, ont tous un même but, celui d'em- uer de grandes quantités de charbon sans tenir compte du et qui résulte de la mise en mouvement de pareilles masses; ce et varie de 10 à 20 0/0, d'après la nature du charbon et la hauteur hute qui dépend elle-même des dimensions du navire en charge. nconvénient est commun à tous les appareils qui, comme le tip, le t et le drop, embarquent en bloc le contenu d'un wagon. Pour y er dans certaines localités où les charbons sont friables, on a appli- 'embarquement par caisse, à l'aide du drop ou de la grue hydrau- : on a ainsi, en descendant le charbon dans la cale du navire, sé la hauteur de chute et diminué la proportion du déchet; mais océdé n'a pas pu se généraliser, à cause de la lenteur de l'opéra- et de l'obligation imposée aux exploitants de se servir d'un matériel al pour le transport des houilles, des mines au port d'embarque- . C'est pourquoi, dans les grands ports charbonniers où le trafic onsidérable, le mode d'embarquement par wagon a prévalu à cause rapidité.

xportation des charbons a pris, dans ces dernières années, un si d développement, que l'emploi de moyens moins rapides que ceux age aurait pour conséquence immédiate de ralentir les transactions soulever, par suite, les réclamations du commerce et celles de la ne.

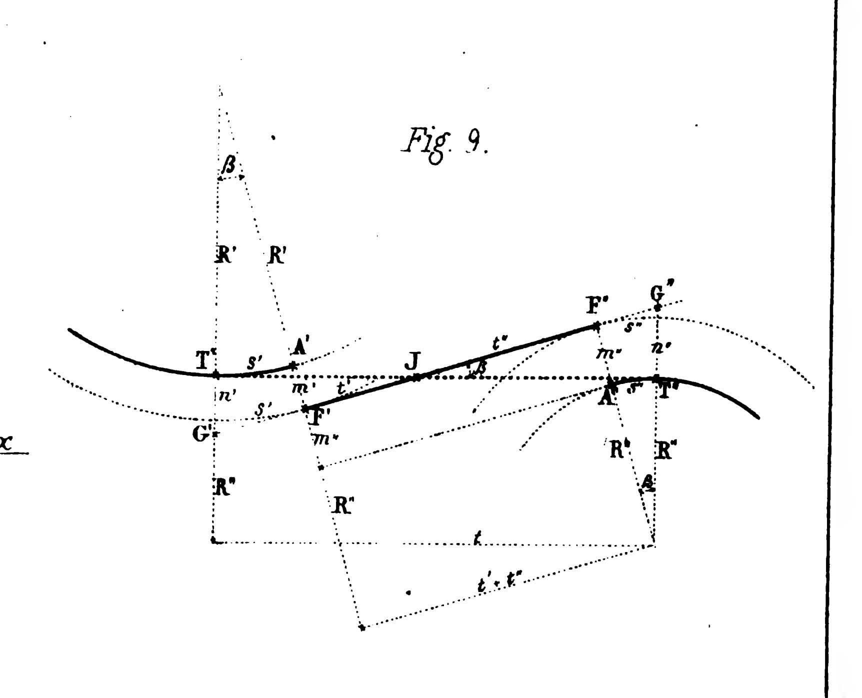
commerce d'exportation, qui est une si grande cause de prospé- our l'Angleterre, va toujours en augmentant; on peut en apprécier ortance par le tableau ci-après qui donne les quantités exportées, ant l'année 1865, des principaux ports charbonniers du nord et du de la Grande-Bretagne :

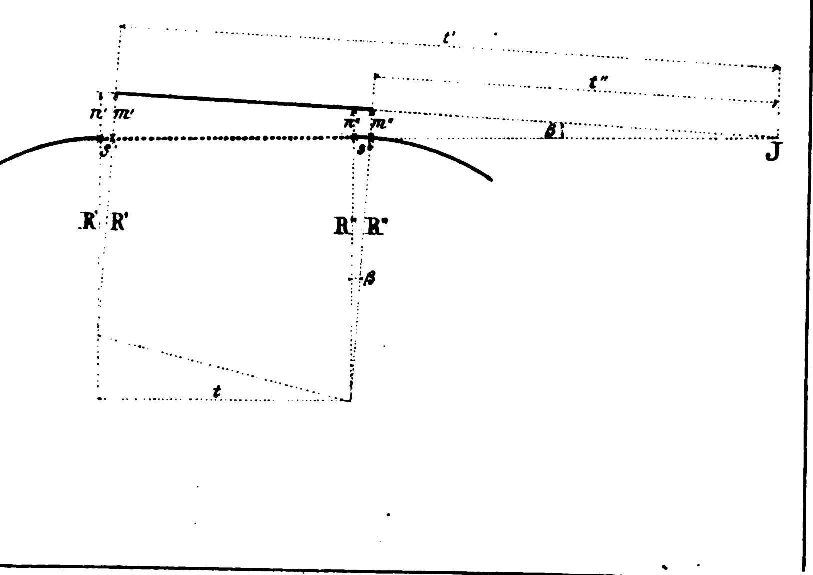
North-Shields (Northumberland-dock)	1,816,
South-Shields (Tyne-dock)	2,129,
Old Hartlepool (Victoria-dock)	876,
West Hartlepool	718
Sunderland (Wearmouth-dock)	82,
Sunderland (South-dock)	1,015,
Cardiff	1,115,
Newport	291
Swansea	520
Llannelly	135,
Total. . . .	9,003,

Une seule compagnie, le North-Eastern rail-way, a transpor
tonnes de charbon, qui ont été embarquées dans les quatr
lui appartiennent : Tyne-dock, Victoria-dock, West-Hartlep
Wearmouth-dock.

En France, il n'existe pas jusqu'à présent de ports c
comme en Angleterre. Beaucoup de ports reçoivent des char
gers, quelques-uns expédient des charbons du pays; mais
d'eux la manutention n'a pris assez de développements pour
lation d'appareils mécaniques se soit imposée comme u
besoin. Il ne faut pas perdre de vue, d'ailleurs, que les cha
çais sont généralement friables, et que s'ils étaient embarq
procédés rapides, la proportion de déchet, qui se produirait
ment, les déprécierait notablement sur les marchés où ils
faire concurrence aux charbons étrangers.

Quoi qu'il en soit, l'extraction des mines françaises et les i
de charbons étrangers augmentant sans cesse, par suite du
développement de la consommation, et la main-d'œuvre
aussi, le jour n'est peut-être pas éloigné où l'attention de
pourra être appelée sur l'opportunité de munir d'appareils
certains de nos ports.

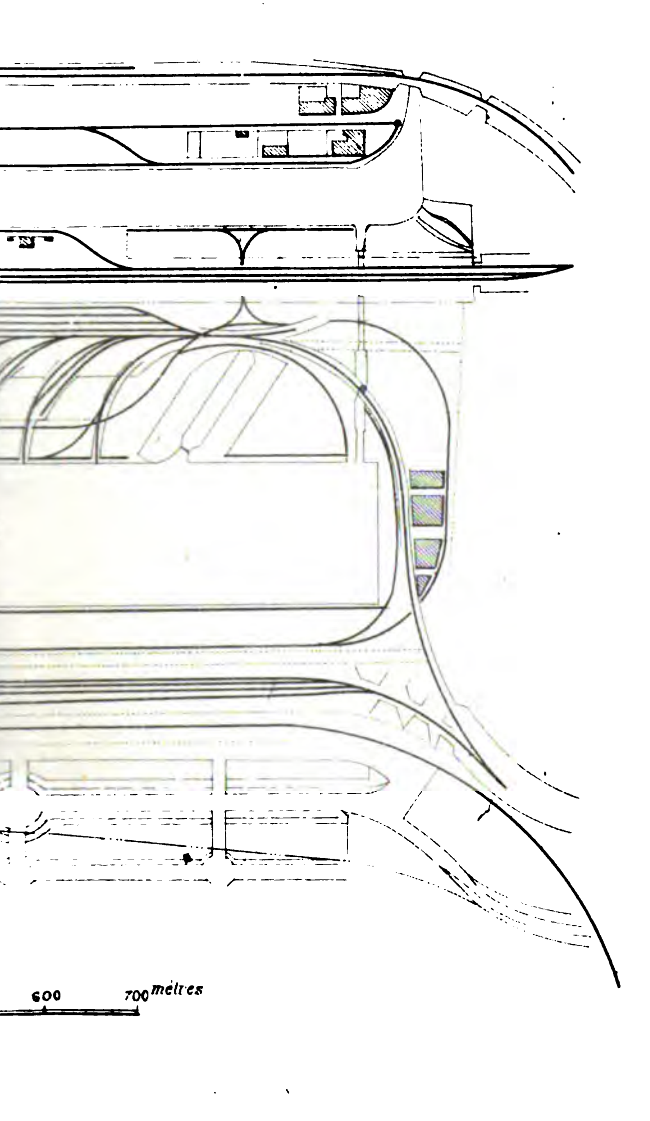




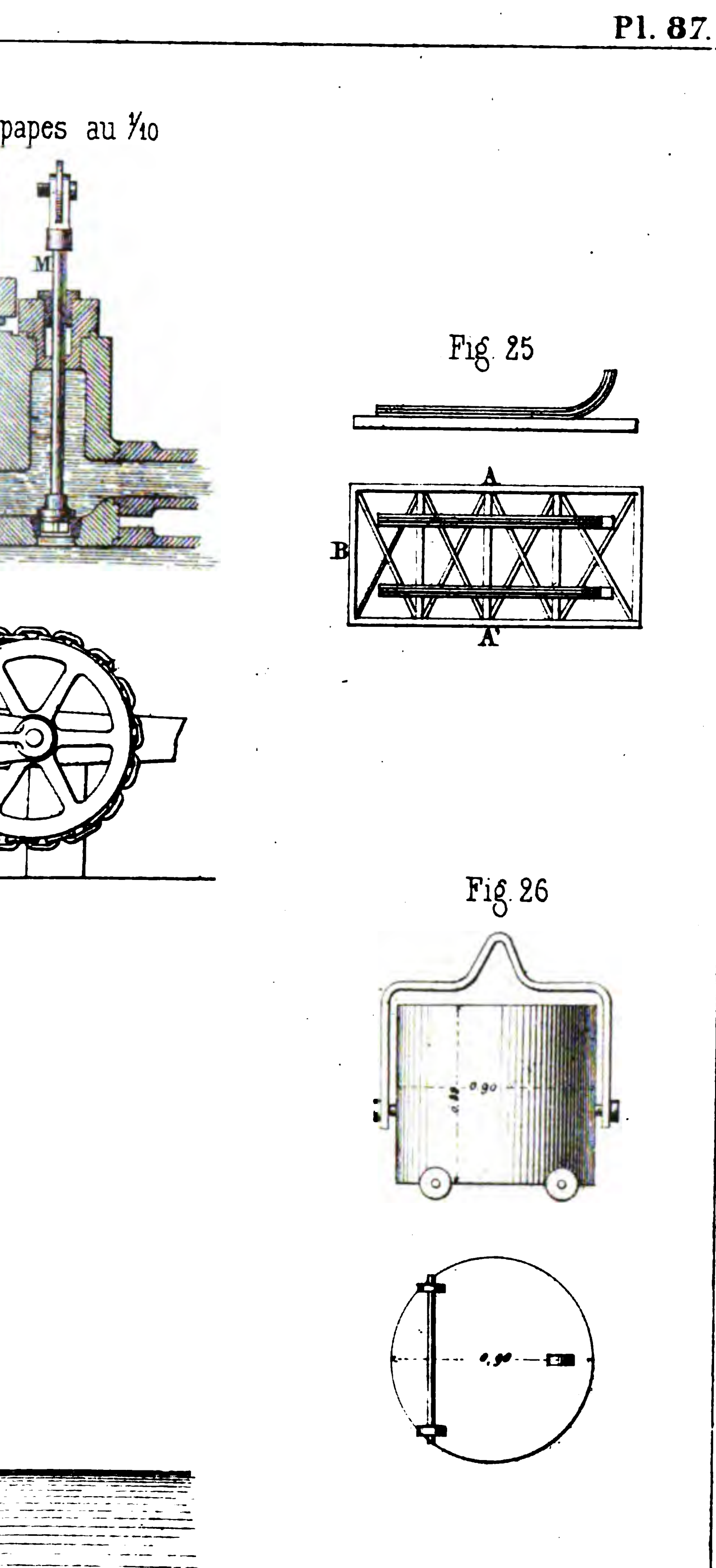
Autographie Broise et Thieffry Rue de Dunkerque 48 à Paris

liff

s appareils

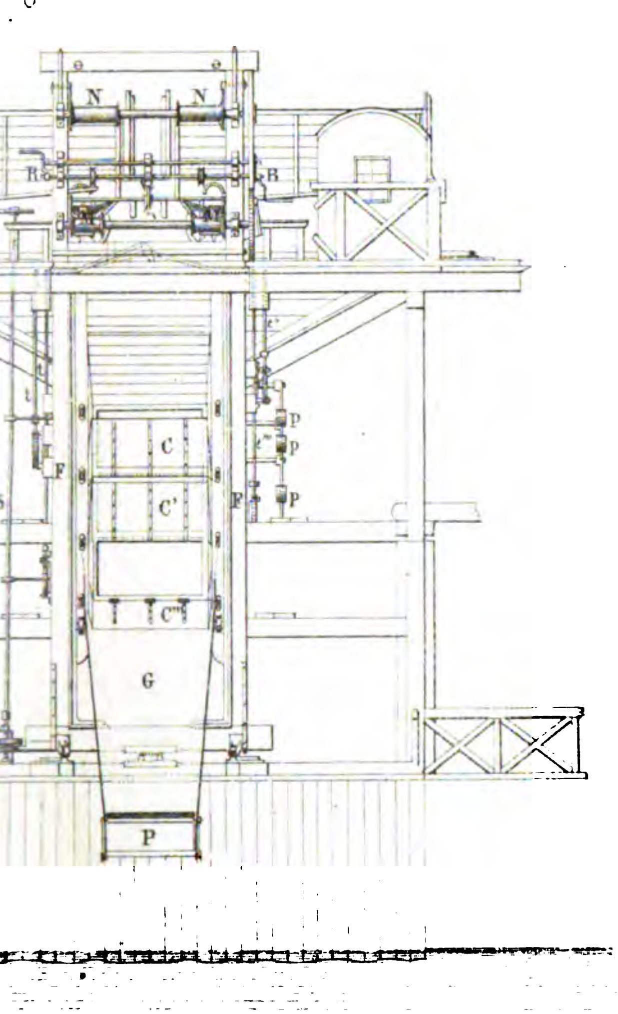


Autographie Broise et Thieffry, Rue de Dunkerque 43 à Paris



Autographie Broise et Thieffry Rue de Dunkerque 43 à Paris

Fig. 31 Élévation de face



Autographie Broise et Thieffry Rue de Dunkerque 48 à Paris

ock

Drop à contre-poids.

Fig. 36. Elévation de côté

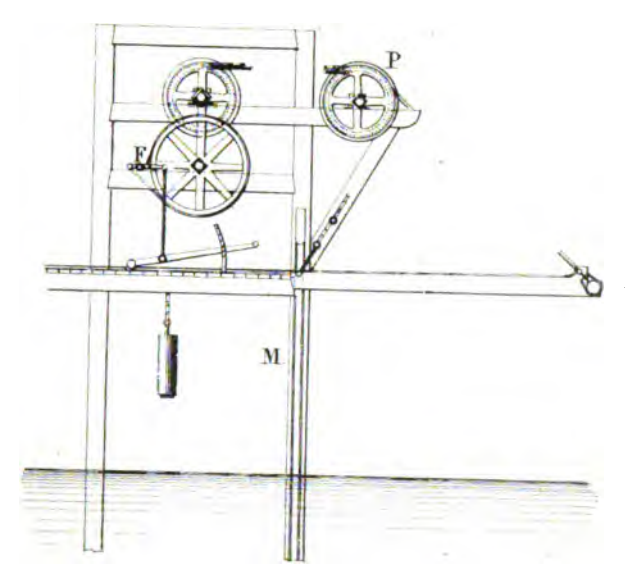
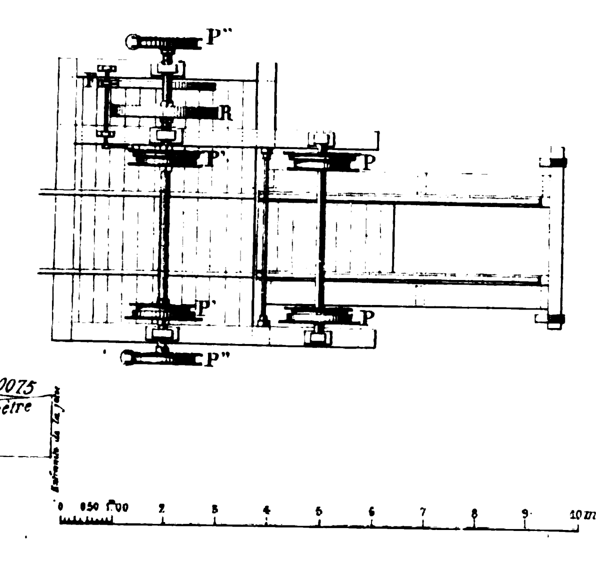


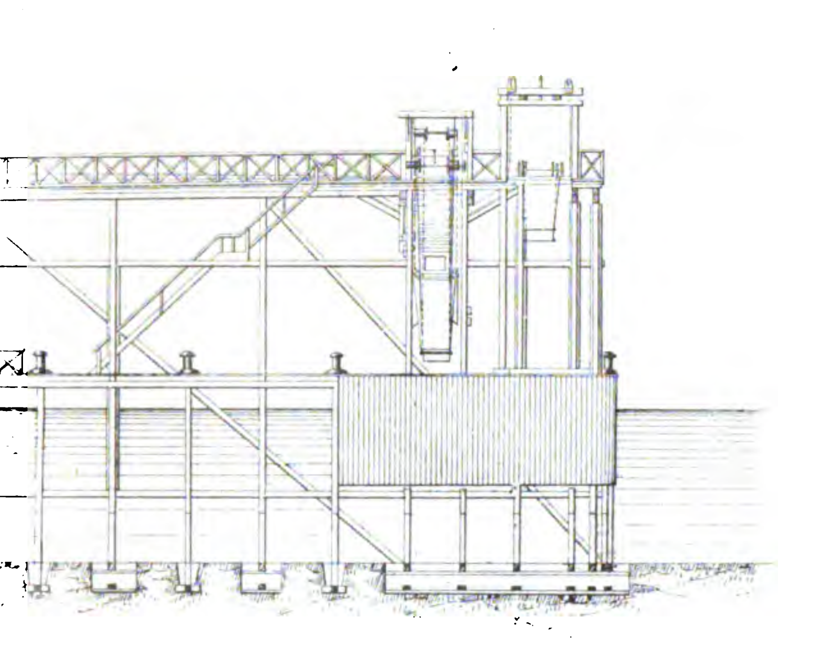
Fig 38 Plan.



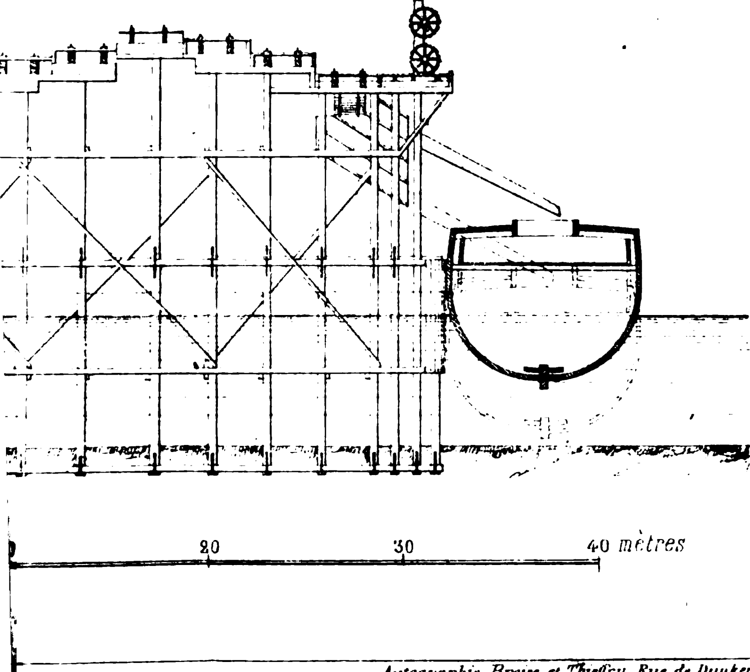
0.010p. 0.0075
ampe de 0.010p. mètre

0 0.50 1.00 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m.

Pl. 90.



ıpe transversale d'une jetée



Autographie Broise et Thieffry, Rue de Dunkerque 43 à Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(JUILLET, AOUT, SEPTEMBRE 1867)

N° 39

Pendant ce trimestre, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Chemin de fer du Grand-Pacifique* (tracé du), par M. le colonel ne (séance du 5 juillet, page 409).

2° *Mines de la Sierra Nevada*, par M. le colonel Buel et M. Simonin nce du 5 juillet, page 414).

° *Ventilation par l'air comprimé* (séance du 12 juillet, page 415).

° *Schistes bitumineux de Vagnas et de l'Autunois*, par M. Simonin nce du 12 juillet, page 416).

° *Métallurgie à l'Exposition*, par M. Petitgand (séances des 19 juillet août, pages 419 et 446).

° *Travaux du canal de Suez*, par M. Lavalley (séance du 26 juillet, s 424 et 523).

° *Fabrication des briques avec la marne de Saint-Jean de Marsacq* nce du 2 août, page 436).

Générateurs de vapeur à l'Exposition, par M. Maldant (séance du ût, page 437).

Distribution sans excentrique à parallélogramme et à coulisse di-, par M. Depretz (séance du 9 août, page 444).

10° *Reconnaissance d'utilité publique de l'Association am*
du 16 août, page 452).

11° *Machines à travailler le bois à l'Exposition*, par M. T
du 16 août, page 453).

12° *Four Siemens et ses applications*, par M. Boistel (s
août, page 455).

13° *Fonçage des puits à niveau plein, système Kind-Ch*
M. Lévy (séance du 23 août, page 460).

14° *Compteurs appliqués aux voitures publiques*, par M
et Addenet (séance du 23 août, page 465).

15° *Appareils matières et engins servant à la fabrication*
M. Arson (séance du 30 août, page 472).

16° *Mise à sec des navires, cales, formes sèches, docks flo*
par M. Mallet (séance du 6 septembre, pages 479 et 582).

17° *Locomoteur avec adhérence au moyen du rail c*
M. Agudio (séance du 6 septembre, page 480).

18° *Chemin de fer de Vitré à Fougères*, par M. Debaug
20 septembre, page 501).

19° *Chemin de fer de Bologne à Pistoie*, par M. Long
du 27 septembre, page 520).

20° *Machines locomotives*, par M. Larpent (séance du 27
page 516).

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° De la Société autrichienne des chemins de fer de l'État
plaires de sa *Douzième Assemblée générale tenue à Vienne le* 3

2° De M. Denise, membre de la Société, de la part de M. I
génieur, directeur central des travaux de la Société autrichien
mins de fer de l'État, un exemplaire d'une *Notice sur son*
ponts métalliques à grandes portées.

3° De M. Vaessen, membre de la Société, des exemplaires d'une *No-e sur sa locomotive-tender pour fortes rampes et courbes à petits yons avec train universel, construite par la Société Saint-Léonara Liége.*

4° De M. Hamers, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure *la suppression des douanes et des accises*, par M. Nada.

5° De M. Cialdi, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage tulé : *Sul Moto ondoso del Mare e su le correnti di Esso, special-nte su quelle Littorali. Du mouvement ondulatoire de la mer et spé-lement des courants sur certains points du littoral.*

3° De M. Vidard, membre de la Société:

Jn exemplaire d'une *Notice sur sa voiture à deux étages.*

In exemplaire d'une brochure intitulée : *Des économies à réaliser les chemins de fer au point de vue du matériel et de la traction.*

In exemplaire d'un *Rapport de M. Baude sur le système de voi-es à deux étages.*

In exemplaire du *Rapport de la commission des inventions sur ystème de voitures à deux étages.*

In exemplaire d'une *Notice sur son système de voitures à deux es.*

rois planches au 10e *de la voiture à deux étages, modèle de t, exposée sous le n°* 41 (*classe* 63).

In dessin au 10e *du wagon à châssis brisé, exposé sous le n°* 96 *sse* 63).

n dessin au 20e *du frein à huit sabots appliqué à la voiture pour nins de fer départementaux, exposée sous le n°* 49 (*classe* 63).

n exemplaire d'une brochure intitulée : l'*Italie économique en 7.*

n exemplaire d'une *Notice sur l'extension des travaux publics en agne.*

° De M. le Préfet de la Seine un exemplaire de la *carte hydrologi-du département de la Seine*, dressée par M. Delesse, ingénieur en des mines.

° De M. Lalanne, ingénieur en chef des ponts et chaussées, un exem-re de son *Manuel du service de la 2e section de la navigation de la ne.*

9° De M. Hartwich, conseiller intime et ingénieur génér
de fer rhénans :

Les textes descriptifs et atlas de ses travaux sur *le pont*
sur les ponts en fer et sur le passage par bac à vapeur des
mins de fer à *Rheinhausen.*

Un exemplaire d'une description et de 4 planches, su
système de rail.

10° De M. Métayer, membre de la Société, une notice su
chemin de fer flottant.

11° De M. Longpérier, membre de la Société, un exempl
tice sur *le drainage et les irrigations*, et sur *les locomot*

12° De M. Dufrené, membre de la Société, un exempla
chure intitulée : *Les droits des inventeurs en France et à*
un exemplaire de sa notice sur *les métaux bruts à l'Expo*
selle.

13° Les numéros de juillet et d'août du bulletin de l'*Insti*
chanical Engineer.

14° De M. Hauchecorne, un exemplaire *des Tableaux s*
chemins de fer de l'Europe en exploitation pendant l'exe

15° De M. Trevellini, membre de la Société, un exempla
nuaire scientifique et industriel.

16° De M. Larpent, membre de la Société, une note sur
ves de l'Exposition.

17° De M. Mallet, membre de la Société, une note sur
systèmes employés pour la mise à sec des navires.

18° De M. Urbain, membre de la Société, un mémoire
sur un nouveau régulateur basé sur les propriétés de la Tou

19° De M. Simonin, membre de la Société, un exempla
lume intitulé : *Les pays lointains*, *notes de voyage* (*la Cal*
rice, *Aden*, *Madagascar*), et un exemplaire de trois livrai
nal *le Tour du monde*, donnant la *description des mine*
d'Epinac et des houillères du canal du Centre, et un exe
Histoire de la terre, *origines et métamorphoses du globe.*

20° De M. Alfred Évrard, membre de la Société, un exe
notice *géologique sur le plateau de Thostes et sur les min*

21° De M. Lefrançois, membre de la Société, un mémoi

son travail, intitulé : *Tables des anses de panier à arcs égaux et à* 3, 5 *et* 7 *centres.*

22° De M. Maurice Picard, de la part de M. Juteau, membre de la Société, *une description générale de la ligne de Moscou à Nigni Novgorod.*

23° De M. Boudard (Casimir) membre de la Société : 1° Une *Notice sur l'exposition de M. Garnier (Ernest), négociant en métaux;* 2° Une *Notice sur l'exposition* de MM. Estivant frères, métallurgistes ; 3° Une *Notice sur l'exposition* de MM. Œschger, Mesdach et Cᵉ de Biache-Saint-Waast; 4° Une *Notice sur les usines et sur l'exposition de M. Letrange;* 5° Une *Notice sur les usines et sur l'exposition de MM. Laveissière;* 6° Un *Résumé sur les grandes usines pour le plomb, le zinc et le cuivre laminé;* 7° Une note sur *les laitonniers à l'Exposition.*

24° De M. Leloutre, un exemplaire de son rapport sur la *machine à vapeur surchauffée de M. Hirn.*

25° De M. Pressel, ingénieur en chef des chemins de fer du sud de l'Autriche, un exemplaire de son ouvrage intitulé *Types de ponts en bois.*

26° De M. Nordling, membre de la Société, un exemplaire des *Notices sur les travaux publics de l'Exposition universelle publiées par le ministère*, et un exemplaire du *Compte rendu statistique de la construction de la ligne de Montluçon à Moulins et de la ligne de Bourges à Montluçon.*

27° De M. Lacroix, éditeur, les six premiers fascicules de ses *Études sur l'Exposition de* 1867.

28° De M. Noblet, éditeur, les deux premiers numéros de la *Revue de l'Exposition de* 1867.

29° De M. Debauge, membre de la Société, une note sur *le Chemin de fer de Vitré à Fougères.*

30° De M. Desgrange, membre de la Société, un exemplaire *des Profils en long des chemins de fer du sud de l'Autriche.*

31° Le numéro de juin 1867 du bulletin de la *Société industrielle de Reims.*

32° Les numéros du troisième trimestre 1867 du *Journal d'agriculture pratique.*

33° Les numéros du troisième trimestre 1867 de la revue *la Presse scientifique.*

34° Les numéros du troisième trimestre 1867 de la revue *les Mondes.*

35° Les numéros du troisième trimestre 1867 du jour
neer.

36° Les numéros du troisième trimestre 1867 du bullet
d'encouragement.

37° Les numéros de juin et juillet 1867 du bulletin d
géographie.

38° Les numéros du deuxième trimestre 1867 du bull
ciété impériale et centrale d'agriculture.

39° Les numéros du troisième trimestre 1867 du journ

40° Le numéro du troisième trimestre 1867 de la *Re*
publicas.

41° Les numéros du troisième trimestre 1867 de la *Re*
Mondes.

42° Les numéros du troisième trimestre 1867 de la *Re*
raine.

43° Les numéros du troisième trimestre 1867 du journ
des travaux publics.

44° Les numéros du troisième trimestre 1867 du *Journa*
au gaz.

45° Les numéros du troisième trimestre 1867 du journ
Suez.

46° Les numéros du troisième trimestre 1867 des *An*
civil.

47° Les numéros du troisième trimestre 1867 du *Jour*
de fer.

48° Le numéro de juin 1867 du bulletin de la *Sociét*
sciences naturelles.

49° Les numéros de novembre et décembre 1866 d
mines.

50° Les numéros du troisième trimestre 1867 du *Géni*

51° Les numéros de la deuxième livraison de 1867 du b
sociation des ingénieurs de l'École de Liége.

52° Les numéros du troisième trimestre 1867 du jour
financière.

53° Les numéros de mai, juin, juillet et août 1867 des *Annales des*
nducteurs des ponts et chaussées.

54° Les numéros de mars, avril, mai et juin 1867 de la *Revue univer-*
lle des mines et de la métallurgie.

55° Les numéros du troisième trimestre 1867 des *Nouvelles Annales*
la construction.

56° Les numéros du troisième trimestre 1867 du *Portefeuille écono-*
ique des machines.

57° Les numéros du troisième trimestre 1867 de l'*Album pratique de*
rt industriel.

58° Les numéros du troisième trimestre 1867 des *Nouvelles Annales*
griculture.

59° Les numéros du deuxième trimestre 1867 du *Propagateur des*
vaux en fer.

60° Les numéros du troisième trimestre 1867 des *Comptes rendus de*
cadémie des sciences.

1° Les numéros du troisième trimestre 1867 de la *Propagation in-*
trielle.

2° Les numéros du troisième trimestre 1867 du journal *Engineering.*

3° Les numéros de novembre et décembre 1866, janvier et février 1867
Annales des ponts et chaussées.

4° Les numéros 32 et 33 du bulletin du *Comité des forges de France.*

5° Le numéro 4 de 1867 du journal *Organ für die Fortschritte des*
nbahnwesens.

6° Les numéros de juin, juillet et août 1867, du bulletin *de la So-*
é industrielle de Mulhouse.

7° Les numéros du troisième trimestre 1867 de la *Revue horticole.*

8° Les numéros du troisième trimestre 1867 de la *Gazette du Village.*

9° Les numéros 1, 2, 3 et 4 de l'année 1867 de la *Revue d'architecture.*

Membres admis pendant le 3e trimestre sont :

Au mois de juillet :

Akbulu, présenté par MM. Callon, Flachat et Tronquoy.
Calleja, présenté par MM. Lebrun, Pronnier et Rey.

MM. Cartier, présenté par MM. de Dion, de Mastaing et M
Elwell (Henri), présenté par MM. Elwell (père), Fla
Longpérier, présenté par MM. Callon, Flachat et Tho
Seillière, présenté par MM. Burel, Flachat et Gandi

Au mois d'août :

MM. Douliot, présenté par MM. Houel, de Mastaing et Mo
Durval, présenté par MM. Bourgougnon, Flachat et
Claparède, présenté par MM. Flachat, Gaudry et No
Fournier (Marie), présenté par MM. Bevan de Mass
monin.
Létrange, présenté par MM. Castel, Loustau et Nozo
Nye, présenté par MM. Lecherf, Elwell, et Poulot.
Schaeck, présenté par MM. Arson, Elwell et Poulot.
Cholet (Lucien), présenté par MM. Flachat, Rancès
Geay, présenté par MM. Bobin, Chopin et Love.
Guiter, présenté par MM. Flachat, Laurent et Loust
Homburger, présenté par MM. Flachat, Moreau et Ra
Jullin, présenté par MM. Flachat, Rancès et Roques
Jury, présenté par MM. Bobin, Chopin et Love.
Laveissière (Émile), présenté par MM. Guébhard, P
min.
Martin (Charles), présenté par MM. Jordan, Maure

Comme Membres-Associés :

MM. Laveissière (Ernest), présenté par MM. Guébhard, P
min.
Laveissière (Jules), présenté par MM. Guébhard, Peti

Au mois de septembre :

MM. Fraix, présenté par MM. André, Bobin et Love.
Goldschmidt, présenté par MM. Flachat, Mathias (Fé
(Henri).
Huguet, présenté par MM. Blanleuil, Bobin et Love
Juanmartinena, présenté par MM. Donnay, Flachat
Michelet (Gustave), présenté par MM. Chobrzynski,
quenot.
Ullens, présenté par MM. Chobrzynski, Flachat et

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IIIe TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1867

Séance du 5 Juillet 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 14 juin est adopté.

M. le Président annonce que MM. Dailly et Du Pré, membres de la Société, ont été promus officiers de la Légion d'honneur.

Et que MM. Albaret, Bouilhet, Chabrier, Darblay (Paul), Didierjean, Farcot (Joseph) et Sautter ont été nommés chevaliers du même ordre.

M. le Président donne la parole à M. le colonel Heine, pour exposer les conditions de tracé du *chemin de fer du Pacifique.*

M. le colonel Heine remercie la Société. Il se propose d'esquisser à grands traits les conditions dans lesquelles doit être établie cette ligne.

Le chemin du Grand-Pacifique est d'un intérêt général; il offrira le chemin le plus court pour aller de l'Europe dans l'Asie orientale.

Actuellement pour se rendre de Paris en Chine, il faut, en s'embarquant sur la côte de l'Atlantique, descendre depuis le 49e degré de latitude, jusqu'au 0°,30' nord, puis remonter d'autant; tandis que par le chemin de fer du Pacifique la route oscille seulement dans 7 degrés; c'est presque une ligne directe.

Lorsque ce chemin sera terminé, il sera possible d'aller en Chine en 40 jours environ : 10 jours sur l'Atlantique, 7 jours pour parcourir le continent américain (4,600 kilomètres) et 20 à 22 jours de traversée sur l'océan Pacifique, et on aura fait dans ce temps la moitié du tour du monde !

Le territoire compris entre le Mississipi et les côtes du Pacifique est traversé du Nord au Sud, à peu près en son milieu par un vaste plateau très-élevé. L'altitude de ce plateau est maximum au Mexique, entre les eaux du Rio-Grande et la rivière Gila (32° de latitude); l'altitude n'est que de 5,200 pieds (1,584m); vers le Nord l'altitude est plus grande, au 38e degré, 10,000 pieds (3,048m); à 42°,24', 7,490 pieds (2,283); vers le 47°, 6,000 pieds (1,829m); ces hauteurs sont celles des cols de passage, à côté desquels se trouvent des sommets à 17,000 pieds (5,182m).

La pente de ce plateau à l'Est et au Sud est comparativement douce, vers le Mississipi et le golfe de Mexico. Dans le Nord du Texas le plateau est divisé en marches et on lui donne le nom de *Llano Estacado* (plaines empilées). C'est sur les

crêtes du plateau que prennent naissance le Missouri, le Platte, l'A
tres larges rivières qui coulent vers l'Est et le Sud, entre des rive
dément encaissées. Parallèlement à cette ligne principale sont d'
condaires, qui, entre le 48e et le 32e degré de latitude, seront re
tracé destiné à relier les plaines du Mississipi aux côtes du Pacifiqu

La ligne interocéanique aura, entre New-York et San Francisc
ment de 4,600 kilomètres, et on peut déjà parcourir en chemin d
moitié de la distance.

On désigne plus particulièrement sous le nom de Chemin de fe
partie comprise entre le Missouri et les côtes du Pacifique; cette
divisée en quatre zones :

La première, située entre le Missouri et les Montagnes Rocheus
prairies et des terres arables.

La deuxième, située entre les Montagnes Rocheuses et le lac
dentée, coupée par des canons profonds, mais contenant quelques

La troisième, située entre le lac Salé et la Sierra Nevada, par
riche en minéraux, mais sans végétation et sillonnée par des ruiss
est chargée de matières salines.

Enfin, la quatrième zone, qu'on peut appeler système de la côt
montagnes, formant des groupes de mamelons isolés qu'il est pos
et au pied desquelles, du côté de l'Ouest, sont de vastes terrains bo

A son origine, la ligne nouvelle, formant deux tronçons conc
pagnies distinctes, l'*Union Pacific railroad* et le *Central Pacific railr*
sera en communication avec cinq lignes déjà en exploitation et
mêmes avec les lignes qui traversent les régions Est des États-Un

Ces cinq lignes sont :

1° *La ligne de Sioux City et du Pacifique*, qui, partant de Dub
de Jowah, descend la rive gauche du Missouri, jusqu'à Omaha;

2° *La ligne du Nord-Ouest et Cedar Rapid*, qui part de Chica
l'Illinois, est à peu près parallèle à un cercle terrestre au Nord de

3° *Le chemin de fer de Chicago Rock-Island et du Pacifique*, a
droite menée entre Chicago et Omaha;

4° *La ligne de Burlington et Missouri*, partant de Burlington
elle passe le Missouri au sud de l'embouchure de la rivière Platte,
de cette rivière, et joint l'*Union Pacific railroad* au 100e méridien

5° *Le chemin de fer de Hannibal et Saint-Joseph*, va de Quincy
à Saint-Joseph, sur le Missouri, puis par Atchison, dans l'État
joindre soit l'*Union Pacific railroad* au 100e méridien, soit l'*Unio*
eastern division sur un point indéterminé.

Enfin, on s'occupe de l'*Union Pacific railway eastern division*,
Kansas City à l'embouchure de la rivière Kansas, longe la rive
rivière, jusqu'à Fort-Riley, passe dans la vallée de *Smocky Hill*
Denver City. De là il joindra le grand tronc à 50 mètres (80 kilo
du méridien de Denver.

La ligne nouvelle part de Omaha (au 96e méridien de longitud
41°,15' de latitude), à la limite des États de Jowah et de Nebras
gauche de la rivière Platte, rencontre l'embouchure de la branche N

dien; traversant cette branche, elle suit la branche sud sur la rive gauche, squ'à une de ses sources, près de Evan's Pass (col d'Evan), à l'altitude 8,242 eds (2,512m); traverse un terrain comparativement plat, les plaines de Laramie à 391 pieds (2.252m), au sud de l'État de Dakota, près de la frontière du Colorado ; issant Fort Bridger, dans l'État de Uttah, entre dans le grand bassin (lac Salé), à avers les montagnes Wahsatch, par la rivière Weber.

La ligne longe le grand lac Salé, arrive à *Salt lake city;* de cette ville le chemin, rès avoir passé l'extrémité méridionale du grand lac et la vallée Tuilla, suit les rds du grand désert américain, entre les montagnes du Cedar et celles de Humldt au sud, et franchissant la rivière près de sa source, dans l'État de Nevada, e reste dans la vallée de cette rivière jusqu'à la vallée de Carson, au pied de la erra Nevada. Cette dernière chaîne est franchie au moyen de pentes douces, 'on obtient en se développant par une série de courbes, puis on arrive dans la llée du Sacramento.

Bien que la ligne traverse trois grandes chaînes de montagnes, on ne rencontre en cun point des obstacles insurmontables. Sur plus de 500 miles (805 kilomètres) les npes ne dépassent pas 20 pieds par mile (0,00367). Dans les Montagnes Rocheuses un faible parcours le maximum atteint 112 pieds par mile (0,020) et dans les ntagnes de Humboldt 60 pieds par mile (0,01325). Un seul tunnel de 1400 pieds longueur (426 mètres) sur la section Est suffit pour atteindre le grand bassin du Salé.

l y a peu de temps que le tracé de la seconde partie de cette section a arrêté par le Conseil d'administration de la Compagnie. Le tracé part comme s l'avons dit d'Omaha sur le Missouri à la cote 968 pieds (295 mètres), puis à miles 17 (610 kilomètres) de l'origine arrive à l'embouchure de Lodge Pole ek (Julesbourg) à la cote 3513 pieds (1070 mètres); 137,31 miles (211 kilomètres) delà à Crow Creek Crossing, il atteint la cote 6019 pieds (1834 mètres); dans cette tie de 137 miles, les rampes sont de 30 pieds par mile (0,00471); il y a seulement iles (8 kilomètres) avec des rampes de 40 pieds par mile (0,00575). Un nouveau cours de 31 miles 73 (51 kilomètres) conduit au Col d'Evans à la cote 8242 pieds 2 mètres): sur cette partie il y a 9,52 miles (15 kilomètres) avec des rampes dessus de 60 pieds par mile (0,0095). Enfin à l'extrémité de la ligne approuvée miles 53 au delà (44 kilomètres), à 575,73 miles de l'origine (926 kilomètres) on int la cote 7175 pieds (2196 mètres).

u côté de la Californie, la ligne nouvelle part de Sacramento, suit à peu près le *ner pass* (défilé Donner). Elle est en exploitation jusqu'à Cisco près du sommet a Sierra Nevada à 95 miles (153 kilomètres) de Sacramento. C'est en ce point commencent les difficultés. Il faut avoir recours à des tunnels : le premier près ommet a 1668 pieds de longueur (508m,39) et est à 7042 pieds (2146 mètres) auus du niveau de la mer, le second un peu au delà de Cisco à Emigrant, a pieds (106m,67), le troisième a 200 pieds (60m,96), enfin un quatrième 400 pieds m,92).

inclinaison la plus forte est de 116 pieds par mile ou 22 millièmes, mais seule- pour une distance de 25 à 29 miles (40 à 45 kilomètres).

obstacle sérieux qui s'est présenté c'est la neige. Néanmoins on est parvenu à tenir les communications pendant l'hiver dernier, sans que la dépense ait dé- beaucoup les dépenses ordinaires d'exploitation.

mois de novembre prochain on aura probablement terminé les travaux sur

150 miles (242 kilomètres) à la limite de la frontière de Californie, au pi
Nevada, et l'on n'aura plus que des travaux relativement faciles pour a
Salé à 550 miles de Sacramento (885 kilomètres), où aura lieu probablem
avec la partie orientale de la ligne.

On espère avoir ce résultat en 1870.

Le colonel Heine fait remarquer que :

En Europe les chemins de fer ont été le dernier résultat de la civ
établit des voies ferrées de préférence à travers les pays où une populati
promet beaucoup de voyageurs et des transports considérables de ma
chemin de fer du Pacifique renverse cet ordre d'idées. Là la voie ferré
vaste région fréquentée seulement par des sauvages et des bêtes fauves
le chemin à la civilisation : ses stations établies dans la prairie ou dans
Montagnes Rocheuses deviendront des villages, puis des villes; peu à
et les prairies se peupleront et seront transformées en champs fertiles
riches récoltes, au lieu de la végétation suffisant à peine pour nourrir
de buffles qui seuls les habitent actuellement.

Comme exemple de ce qu'on peut obtenir, M. le colonel Heine
Mormons qui se sont établis à l'est de la Sierra Nevada et ont fondé su
lac Salé, *Salt lake City*, sur un terrain aride et sec, à cause du peu
tombe dans ces régions. En détournant des rivières et des ruis
rendu fertile un désert, situé dans le territoire de Uttah, qui compte
125,000 habitants.

Aussi le gouvernement aide-t-il de tout son pouvoir la constructi
nouvelles.

Il leur donne un concours pécuniaire et en outre cède des terrains
aux concessionnaires. Ainsi le *Union Pacific Railroad* et le *Central*
road, de Californie, recevront une subvention de 16,000 dollars par
50,000 francs par kilomètre) de la section comprise entre le point de dé
le pied des Montagnes Rocheuses, et pour la section comprise entre la
et le point d'arrivée à l'Ouest. Pour la traversée des Montagnes Ro
150 miles (240 kilomètres) et celle de la Sierra Nevada, d'une étendu
cune de ces deux compagnies reçoit une subvention de 48,000 dol
(150,000 francs par kilomètre), et pour la partie comprise entre l
Rocheuses et la Sierra Nevada 32,000 dollars par mile (100,000 fra
mètre).

Les payements sont effectués au fur et à mesure de l'achèvement co
tions de 20 miles (32 kilomètres) et après l'inspection et la réception
par une commission nommée par le gouvernement et dont le géné
Simpson, est le président.

La subvention en terrains par chaque mile, est de dix sections alternes
ou 5,180 hectares) des terres publiques qui n'ont pas été vendues ou q
nent pas des mines autres que celles de fer ou de charbon.

En résumé, la Compagnie, fondée au capital de 100 millions de dol
émis 50 millions de dollars d'obligations, soit, en tout, 750 millions de
l'exécution de l'*Union Pacific Railroad*, qui part d'Omaha et se dirige
avec un développement de 1,175 miles (1,890 kilomètres), recevra un
158 millions de francs se décomposant comme suit :

525 miles, d'Omaha aux Montagnes Rocheuses, à 16,000 dollars par mile	8,416,000 dollars.
150 miles à travers les Montagnes Rocheuses, à 48,000 dollars par mile	7,200,000
500 miles, des Montagnes Rocheuses à la jonction du *Central Pacific Railroad*, à 32,000 dollars par mile	16,000,000
1175 miles donnant un total de	31,616,000 dollars.

Soit, pour 1,890 kilomètres, 158,080,000 francs.

Le *Central Pacific Railroad* de Californie reçoit une subvention de 18 millions de dollars (90 millions de francs) pour 525 miles (844 kilomètres).

Les travaux sur les deux tronçons sont conduits avec une énergie extraordinaire.

Aux termes de la loi, les premiers cent miles (161 kilom.) au delà du Missouri devaient être terminés le 27 juin 1866, et au mois de décembre 1867, la ligne devait être à 147 miles (236 kilom.) plus loin, au 100° méridien. Le 2 juin, la première tâche était achevée; et on atteignait le 100° méridien le 5 octobre de la même année.

Une grande fête signala l'inauguration de la ligne. Le 23 octobre, au matin, un train partit d'Omaha et, le 25 octobre, conduisit les invités à la limite des travaux exécutés, à 40 miles (64 kilom.) au delà du 100° méridien. Les travaux, du 5 au 25 octobre, avaient avancé de 40 miles, c'est-à-dire de 2 miles (3 kilom. 1/2) par jour : c'est la vitesse moyenne avec laquelle marchent les travaux dans les terrains ordinaires.

Le train avait traversé les rivières Papillon et Elkhorn, Loup Fork, passant par les villes de Fremont, North-Bend, Columbus, puis quantité de villes naissantes qu'on chercherait en vain sur la carte.

Le train, comme à l'ordinaire en Amérique pour les voyages de longue durée, était composé de voitures avec des lits, des cuisines, des cabinets de toilette, etc. De plus, il emportait avec lui une petite imprimerie, et au fort Mac Pherson, où eut lieu la fête, on imprima le premier numéro du journal le *Railway Pioneer*. Mais dans ce pays, loin des centres habités, il faut se garder des Indiens hostiles, et le colonel Mizner, commandant du fort, avait eu la précaution de placer quelques détachements en position pour assurer la sécurité des invités.

M. le colonel Heine, répondant à diverses questions qui lui sont adressées par M. le Président, ajoute que la plus grande difficulté que l'on rencontre résulte de la rareté des ouvriers. A l'Ouest, du côté de la Californie, ceux qui se trouvent dans le pays sont des mineurs qui gagnent dans les mines vingt francs par jour. On a cherché alors à amener sur les chantiers des Chinois et il y en a aujourd'hui 12,000 occupés aux travaux du *Central Pacific Railroad*.

Une autre difficulté, c'est la rareté du bois sur presque tout le parcours; il a fallu transporter les ponts, qui sont tous en bois, après en avoir taillé les différentes pièces, pour n'avoir qu'à les assembler sur place. On transporte également les traverses et les rails sur la ligne elle-même, au fur et à mesure de son avancement.

Il y a peu de combustible végétal, mais, en revanche, on a découvert des gisements de houille et de lignite très-abondants et qui seront bientôt en exploitation, parce que, à côté, il y a des minières de fer.

A l'Est, côté du Missouri, ce sont des Irlandais qui exécutent les tra
les rails qui viennent de Pensylvanie; ils s'avancent dans l'intérieu
même temps que la ligne, et sont les premiers pionniers, tantôt tra
pelle, la pioche et la hache, tantôt repoussant par la force les
Indiens.

Les recettes de la ligne consisteront dans le transit entre les deux n
le transport des métaux ou des minerais qu'on rencontre en quantité
dans la Nevada. Enfin, plus tard, lorsque la colonisation se sera dével
cultivera les terrains fertiles que traverse la ligne, il y aura les produ

L'exploitation rencontrera une difficulté sérieuse, la neige, qui, si
persistante, tombe en couches épaisses sur les sommets.

Les études préliminaires ont été faites, par l'ordre du gouverne
expéditions ayant chacune un chef spécial.

Ces douze expéditions ont exploré, de 1850 à 1858, toute l'étend
dans laquelle le chemin de fer pouvait être établi; leurs travaux sont
quatorze volumes. Le dissentiment qui, en 1859, s'est élevé entre les
et ceux du Sud avait fait ajourner la décision à prendre sur le tracé;
de la guerre, la question a été reprise et, actuellement, les travaux s'
la direction du général Dodge.

M. le Président adresse au nom de la Société des remerciments à
Heine pour son intéressante communication.

Le colonel Buel confirme ce que vient de dire le colonel Heine
situées sur le flanc oriental de la Sierra Nevada.

Il y a quatre ans, il est arrivé seul, ou à peu près, dans une lo
Austin, qui actuellement a 9,000 habitants. Il y est propriétaire de
d'une richesse extraordinaire, mais les procédés suivis dans ce pays
pas d'extraire tout le métal que contient le minerai; il y a même cer
qui, bien que contenant beaucoup d'argent, ainsi que l'indique l'ana
n'en abandonnent qu'une faible partie.

A Belmont, autre localité dans laquelle le colonel Buel a trouvé un
de cuivre et où la population, en quelques mois, s'est élevée à 3,00
faudrait trouver un mode d'extraction économique du métal.

Le colonel Buel apporte en France des échantillons qu'il met à la
savants pour les étudier et lui indiquer le moyen d'en tirer tout ce qu
peuvent donner.

M. Simonin, sur la demande de M. le Président, donne quelques r
sur les mines de la Sierra Nevada, pour compléter ceux déjà fournis
lonel Buel.

La chaîne de la Sierra, dit M. Simonin, affecte une direction rectil
Sud-Est au Nord-Ouest. C'est la même direction que dans la Sierra
riche en mines d'argent.

La Sierra Nevada contient à la fois l'or et l'argent. L'or est surtou
le versant occidental, en Californie, où le précieux métal se rencon
minerai d'alluvion dans les placers et de minerai de filon dans les ve
partout attachées aux flancs de la Sierra et de ses contre-forts. «
M. Simonin, la plupart de ces gîtes en 1859. »

Le versant oriental de la Sierra Nevada contient l'argent en aussi

dance que le versant opposé renferme l'or. Ainsi, les mines de l'État de Nevada donnent aujourd'hui *trois cents millions de francs* d'argent chaque année, autant et plus que la Californie produit d'or. L'équilibre entre les deux métaux, un moment troublé par la trop grande production de l'or, ne tardera donc pas à se rétablir.

Cette richesse des mines d'argent de Nevada, qui dépasse celle des mines du Mexique, du Chili, de la Bolivie, du Pérou, n'a pas peu contribué à hâter la colonisation de cet État, territoire auparavant désert, et a donné naissance en très-peu de temps à des villes de 8 à 12,000 âmes, d'abord simples camps de mineurs.

Les filons de Nevada sont composés de minerais exceptionnels, tels que l'*argent rouge*, l'argent sulfuré, auxquels se mêlent aussi l'argent natif et les minerais de cuivre argentifère. Le sel et le soufre doivent être également cités parmi les richesses minérales de cet État. On a signalé la houille et le fer dans le territoire voisin de l'Uttah ou pays des Mormons.

Séance du 12 Juillet 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 21 juin est adopté.

M. le Président fait part à la réunion du décès de M. Fourneyron. Il résume les circonstances principales de la vie laborieuse et méritante de cet ingénieur qui laisse dans la Société des ingénieurs civils et dans l'industrie en général, à laquelle il a consacré toute son activité, des regrets unanimes.

L'histoire des travaux de M. Fourneyron est trop intéressante pour ne pas devenir l'objet d'une Notice nécrologique à laquelle les membres du bureau donneront tous leurs soins.

La Société a reçu une lettre de M. de Lacolonge par laquelle cet ingénieur fait remarquer que dans le Mémoire présenté à la Société, *sur les applications de l'air comprimé à la ventilation*, M. de Mondesir a énoncé (page 110 du Bulletin du 1er trimestre) que les ventilateurs simples ne donnent en général que $0^m,13$ de pression d'eau, tandis que le ventilateur double donne jusqu'à $0^m,80$. M. de Lacolonge pense que M. de Mondesir peut avoir raison en fait, mais sous la réserve de certaines explications :

Il cite un article qu'il a publié dans le *Cosmos* du 29 mai 1867, et duquel il résulte qu'un ventilateur simple, établi par M. Peugeot, a donné $0^m,83$ de pression d'eau ; il est vrai que le rendement était faible, mais cette circonstance était due à la mauvaise disposition de l'appareil.

M. de Lacolonge dit ensuite qu'une expérience comparative peut seule faire justice de la préférence qu'on paraît attacher aux ventilateurs multiples, opinion qu'il ne saurait à aucun titre partager.

Il ajoute que le Recueil des brevets américains de 1855 fait mention d'un entraînement d'eau ou de gaz, dans le courant d'air d'un porte-vent, au moyen de trous percés obliquement dans la conduite, et qu'il a employé, de son côté, avant que ce volume ne fût arrivé en France, le même entraînement latéral pour rafraîchir les

tourillons des ventilateurs. Cette application a été publiée par lui (
tome XIV) dans le but de mettre dans le domaine public cette nou
du principe de Daniel Bernouilli.

M. Simonin fait une communication sur les schistes bitumineux
che) et de l'Autunois (Saône-et-Loire).

L'industrie des huiles minérales, dit M. Simonin, a fait en France
années, des progrès très-remarquables. L'invasion des pétroles d'A
l'énergie de nos exploitants, et en différents points du territoire,
l'Allier, Saône-et-Loire, le Var, l'Ardèche, les Basses-Alpes, des
neux, appartenant à différentes formations géologiques, ont été ac
et distillés.

Parmi les gîtes qui méritent surtout d'attirer l'attention, il fa
Vagnas (Ardèche) et de l'Autunois dans le département de Saône-et-

Le gîte de Vagnas se rattache au système tertiaire, et il est nette
la grande carte géologique de France, où on le suit, adossé au calc
qui couronne, dans le Midi, la formation crétacée.

Le terrain à schistes de Vagnas, d'après M. Elie de Beaumont, es
C'est le parallèle des terrains à lignites de Provence et d'Italie.
d'eau douce. On rencontre au milieu du schiste d'énormes carapace
coprolites ou excréments pétrifiés de reptiles, de poissons et quelq
quilles lacustres. La direction des couches est N. 20° O., le pendag
mation repose, comme on l'a dit, sur le calcaire à hippurites, et co
de bas en haut :

1° Des couches de sables jaunes et d'argile vineuse, ayant une
ron 25 mètres;

2° Une couche de lignite épaisse de $1^m,80$;

3° Environ 120 mètres de sables, argiles réfractaires, rognons d
schistes pauvres, etc.;

4° La couche de schiste exploitée, dont l'épaisseur est de $1^m,80$;

5° Un étage de travertins perforés par des coquilles lithophag
d'un calcaire bleuâtre bitumineux qui termine le dépôt.

La couche de schiste exploitée mérite d'être signalée : c'est pl
tertiaire qu'un véritable schiste. La texture en est compacte, mass
d'une tourbe carbonisée et comprimée. La nature tourbeuse de la
d'ailleurs à l'œil par des filaments végétaux très-délicats, quelqu
ment carbonisés, et que l'on peut suivre dans le tissu de la roche.
avec le *bog-head*, elle ne peut non plus être mise en doute; c'est m
militude frappante que se fonda une personne qui ne savait ni la
géologie, mais connaissant bien les *bog-heads* d'Écosse, pour
quelques années, la concession des gîtes bitumineux de Vagnas, où d
voyaient que des lignites.

Le traitement qu'on fait suivre aux schistes bitumineux de Vagna
le schiste, distillé dans une cornue horizontale tournante, en fon
10 pour 100 en volume d'huile brute paraffinée, plus des eaux amm
est décarburée dans une cornue fixe, et donne, avec une huile plus
très-pur comme résidu; l'huile décarburée et dégoudronnée au
sulfurique et de la soude, fournit une huile jaune que l'on purifie
distillation et un nouveau traitement à l'acide et à l'alcali. Le résul

blanche, opaline, légère, d'une densité de 0,825, d'une odeur éthérée agréable. Le pouvoir éclairant est celui de 9 bougies ordinaires. Le point d'inflammabilité est à 70° centigrades, tandis que pour le pétrole d'Amérique il est à 45°.

Le rendement en huile légère est de 5 pour 100 du schiste distillé. Comme produits secondaires, on recueille le coke dont il a déjà été parlé, les goudrons acides, la paraffine dont on fait des bougies. On pourrait tirer parti des eaux ammoniacales pour en fabriquer des carbonates et des sulfates d'ammoniaque.

Le schiste distillé sert de combustible pour toutes les opérations de l'usine, et l'on emploie aussi dans ce but le lignite dont la couche est inférieure à celle du schiste, lignite trop pauvre en huile minérale pour passer à la distillation.

En terminant cette première partie de sa communication, M. Simonin met sous les yeux des membres présents et fait don à la Société de divers échantillons de produits bruts ou fabriqués, recueillis à Vagnas, tels que schiste et lignite, huile lourde, huile décarburée, huile dégoudronnée, huile blanche, etc.

Les gîtes de l'Autunois, continue M. Simonin, se distinguent du gîte précédent en ce qu'ils font partie du terrain houiller proprement dit, et couronnent la formation carbonifère ancienne du centre français.

L'étage schisteux s'étend entre Épinac et Autun.

Les schistes sont compactes, ont la couleur et l'aspect de l'ardoise; ils sont inter calés entre des bancs de grès; ils renferment, entre leurs feuilles, des empreintes de poissons, de fougères, de malchias, et quelques coprolites; on y a même découvert récemment les restes d'un reptile que M. A. Gaudry a nommé l'actinodon, parce que ses dents sont striées.

L'utilisation des schistes d'Autun, que les Romains avaient employés au placage, à notre époque, date de l'année 1813; M. Selligue, l'inventeur du gaz à l'eau, les exploitait en 1828. Aujourd'hui, il y a dans l'Autunois une vingtaine d'exploitations rivales, que la concurrence des pétroles d'Amérique arrête dans leur développement.

Les schistes, extraits et cassés, sont distillés dans des cornues de différents systèmes, verticales ou horizontales, fixes ou tournantes. Ils rendent environ 5 pour 100 d'huile brute. On utilise comme combustible, sous les cornues, les gaz qui se dégagent de la distillation. Les eaux ammoniacales qui se condensent avec les huiles lourdes restent encore, pour la plupart, sans emploi.

Les huiles lourdes sont dégoudronnées, comme à Vagnas, au moyen de l'acide sulfurique et de la soude; puis, par une seconde distillation, on obtient des huiles épurées, claires, opalines, d'une densité de 810 à 820, excellentes pour l'éclairage.

L'éclairage à l'huile de schiste, dit M. Simonin, est l'éclairage de l'avenir. L'huile minérale, bien purifiée, est inexplosible, et n'a qu'une odeur éthérée qui n'est pas désagréable; elle fournit la plus grande quantité de lumière et au moindre prix; elle ne charbonne pas les mèches et ne donne ni perte ni résidu.

Le prix de revient de l'huile de schiste est en ce moment, en France, de 26 à 30 fr. l'hectolitre, non compris les frais généraux. Au prix où sont maintenant les pétroles d'Amérique, soit 45 à 50 fr. l'hectolitre, nos usines indigènes ont peine à lutter.

M. Simonin, en terminant, fait don à la Société de divers échantillons de produits bruts ou fabriqués provenant de l'usine d'Igonay, près d'Autun. Ces produits, dus à la libéralité de M. Roche, propriétaire de l'usine, résument toute la série des traitements qu'on fait subir aux schistes de l'Autunois.

M. Tresca a suivi avec intérêt les indications qui ont été données par M. Simonin

sur l'industrie des huiles minérales, et il se propose seulement d'y
observations accessoires.

La propriété de non-inflammabilité signalée par M. Simonin po
l'Ardèche leur est commune avec toutes les autres huiles de schis
tamment avec celles d'Autun et de l'Allier. Les huiles de pétrole s
port plus dangereuses. Elles donnent lieu, dans les magasins et les v
à une dissémination de vapeurs hydrocarburées qui peuvent form
mélange détonnant dans certaines conditions particulières.

Quant à l'odeur, M. Tresca pense qu'il est difficile, sinon impos
primer dans toutes ces huiles essentielles, quelle que soit leur p
effet est peu sensible dans les bonnes lampes pendant la combusti
combustion est complète, elle est au contraire très-persistante pen
tionnement de l'appareil. Si donc les hydrocarbures entrent en séri
avec les huiles végétales, on ne doit pas espérer, ne fût-ce que p
qu'ils les remplaceront dans les éclairages de luxe.

Le combustible minéral présente cependant une propriété bien re
est de nature à faire connaître la pureté de sa flamme : tandis qu'à la
et surtout sous l'influence des autres lumières artificielles, certaines
telles que le bleu et le vert, le jaune et le rose, ne peuvent absolu
guées l'une de l'autre, elles ne sont affectées en aucune façon p
schiste et on les reconnaît aussi facilement qu'en plein jour.

Quant aux procédés de fabrication, il ne faudrait pas admettre d'u
rale que les cornues doivent varier d'une usine à l'autre. Dans cha
schistes ont une composition uniforme et les conditions de la pr
dépendent bien plus de la nature du combustible que de toute au
Les hydrocarbures se transforment facilement, sous l'influence d
élevée, et la solution technique du problème repose sur l'égalité
possible de la température qu'il importe d'entretenir dans tous les p
La plupart des appareils existants répondent également bien à ce p

Malgré la complication du procédé décrit avec détails par M. Si
d'ajouter d'ailleurs qu'une seule série d'opérations ne suffit pas et q
bonne fabrication, renouveler le barbotage par la soude pour enlev
néraux, entre autres l'acide phénique, et l'action de l'acide sulfuri
les bases végétales.

Si la distillation n'est pas convenablement conduite, l'huile se c
l'influence de l'air, et quand elle est ainsi résinifiée, elle n'est pl
convenablement, pendant plusieurs heures de suite, dans une mêm

Les produits accessoires, particulièrement les huiles lourdes
aujourd'hui un écoulement facile, mais les produits ammoniacaux n
lieu à aucune exploitation sérieuse.

Le bas prix des pétroles explique la stagnation de notre fabricati
que ces huiles se vendent aujourd'hui au-dessous du seul prix du
y a tout lieu de croire que, quand les pétroles rectifiés seront r
quarante francs, les huiles de schiste soutiendront facilement
sans cesser d'être supérieurs comme qualité aux huiles d'Amériqu

Séance du 19 Juillet 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 28 juin est adopté.

M. le Président annonce que M. Jules Mathieu vient d'être nommé chevalier de l'ordre de Saint-Stanislas de Russie.

M. le Président rappelle qu'aux termes de l'art. 3 des conditions générales du concours ouvert pour le prix fondé par M. Perdonnet pour des expériences à faire sur les chemins de fer, la Société doit nommer une commission composée de huit membres, qui devra examiner les mémoires remis pour ce concours. Il propose de nommer membres de cette commission MM. Chobrzynski, Forquenot, Lecoute, Marié, Mayer, Mathieu (Henri), Petiet et Ribail. Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. Petitgand fait une communication sur la métallurgie à l'exposition.

Ce qui frappe au premier abord, c'est que les fers exposés par les étrangers proviennent tous de minerais choisis, fers spathiques, peroxydes de fer, fers oxydulés.

En France, les progrès réalisés viennent également en grande partie, surtout dans le Midi, d'un meilleur choix de minerais. L'île d'Elbe, la Corse, l'Afrique, l'Espagne, nous fournissent sous ce rapport de précieuses ressources.

Le Creusot, dans son exposition, a grand soin de mettre en évidence les minerais de Modtka.

La fabrication de MM. Petin et Gaudet s'est considérablement modifiée à partir du jour où ils ont fait intervenir les minerais oxydulés de l'île d'Elbe, de Saint-Léon.

La situation des fourneaux de Saint-Louis a été très-critiquée à l'origine. Ils avaient été établis en vue des minerais de l'ile d'Elbe, de l'Espagne, et ils ont tracé la voie où sont venus à leur tour Alais, le Creusot, Pétin et Gaudet, Commentry. Aussi les fontes de Saint-Louis se signalent-elles par leur qualité.

Les établissements consacrés en France à la métallurgie du fer peuvent donc se diviser en deux catégories bien tranchées : ceux du Midi qui ont à leur disposition les peroxydes de fer et les minerais spathiques, ceux de l'Est et du Nord qui traitent des minerais hydratés, nécessairement inférieurs. Ces derniers se trouveront placés entre les usines de Prusse qui possèdent des minerais supérieurs et à bas prix, et les usines de Belgique et d'Angleterre qui produisent à meilleur marché. La lutte sera difficile. Aussi peut-on dire que le mouvement de la métallurgie française est destiné à se porter vers le Midi.

Dans un autre ordre d'idées, on trouve le procédé Bessemer appliqué aujourd'hui partout. L'emploi de ce procédé exige des fontes spéciales lamelleuses. En outre, il ne faut pas s'exagérer l'importance des nouveaux procédés de fabrication de l'acier. Même pour les projectiles, il y a des projectiles de fonte qui percent toutes les plaques et sont supérieurs à tous les autres. Cela tient à ce qu'ils renferment des doses

notables de phosphore et d'alumine, ce qui montre qu'il ne faut pas fontes phosphoreuses.

Parmi les fabrications les plus intéressantes, les produits de MM. Pétin en première ligne. Ils ont atteint dans leurs pièces d'artillerie un degr qui n'a pas été constaté dans les pièces de Krupp. Cela doit tenir a fabrication. Car le choix des matières premières chez Krupp est extrên quable. Depuis longtemps il se sert des minerais de Siegen.

En résumé, nous avons des éléments qui nous permettent de lutter Malheureusement nous manquons de voies de communication, ce q à aller chercher en Espagne ce que nous possédons en France. Il n'y ex nerais plus riches que nos minerais des Pyrénées, qui, au fourneau, r cent.

Si l'on passe à l'examen des procédés particuliers, on rencontre au moyen d'un four à réverbère chauffé par le four Siemens, obtien tures extrêmement hautes. Il arrive ainsi à produire des fontes mall vent toutefois des fontes spéciales provenant de Saint-Louis et ol concours de certains minerais spathiques.

M. Bérard a un four à réverbère dans lequel il prétend faire de l'a espèce de fonte au moyen de jets de gaz, tantôt oxygénés, tantôt car

En somme, dans tous les procédés d'aciération spéciaux, il faut to à l'emploi des minerais et fontes choisis.

M. le Président fait observer que M. Petitgand n'a pas précisé les m trent dans la composition du fer et ceux qui entrent dans la compos

Il y a deux procédés bien distincts : le puddlage et l'aciération minerais spathiques sont traités dans les Pyrénées-Orientales et à S fontes qui en proviennent vont-elles aux aciéries ou au puddlage ?

M. Petitgand dit qu'on peut employer les fontes de Saint-Louis à par puddlage.

M. Jordan confirme que les fontes de Saint-Louis ont alimenté pe années pour une forte partie de sa consommation l'usine de MM. Ve les employaient au puddlage pour acier. On cémente peu en France, avec les fers de Suède. En revanche on produit beaucoup plus d'acie à la séparation des minerais en minerais à acier et minerais pour fer, sible puisqu'il devient de plus en plus difficile d'établir une ligne entre les fers et les aciers.

M. le Président demande si les aciers puddlés de l'exposition son

M. Petitgand répond qu'il y a corroyage.

M. Jordan croit qu'il y a aussi fréquemment fusion.

M. le Président demande si l'acier puddlé corroyé vaut mieux qu

M. Jordan répond qu'on fabrique avec l'acier puddlé corroyé de estimés, notamment chez MM. Dietrich et à Allevard. Ces bandages bien.

M. le Président demande dans quels établissements on fait du fe rais spathiques.

M. Petitgand cite M. Holzer, MM. Pétin et Gaudet, MM. Dietrich, q fusion très-différents, suivant les produits qu'ils veulent obtenir. D blissements on traite le minerai spathique au four à puddler.

M. le Président dit que beaucoup de personnes ne considèrent

du procédé de fabrication par la fusion comme à sa limite. On attribue son succès actuel à la facile fusibilité de l'acier, et on ne saurait méconnaître l'importance du mouvement qui se produit dans ce sens. La compagnie du chemin de fer de Lyon vient de se décider à mettre ses deux voies en rails d'acier Bessemer, pesant 40 kilos le mètre et posés sur 8 traverses. Cela constitue environ de 140,000 tonnes à exécuter en 8 ans. A Sireuil, à Montataire, à Styring, de grands efforts se font pour généraliser l'emploi de la fusion en se passant de l'appareil Bessemer.

Il y a donc lieu de s'attendre à un progrès qui consistera à fabriquer le fer par voie de fusion comme on fabrique l'acier. Le seul obstacle à ce progrès est dans la température de fusion du fer qui dépasse beaucoup celle de l'acier et à laquelle ne résistent pas les matières réfractaires encaissantes qui fondent ou se transforment chimiquement en composé fusible à basse température.

Les laitiers ainsi formés peuvent sans doute servir à l'épuration du fer en s'emparant du soufre, du phosphore, de la silice ou de l'alumine qu'il contient; ils peuvent, en outre, préserver le fer du contact de l'air et empêcher sa décomposition, mais l'action corrosive des laitiers sur la matière encaissante semble prendre aux hautes températures une énergie telle que c'est aujourd'hui la principale difficulté à résoudre pour arriver à l'affinage et à l'épuration par la fusion.

Le procédé Bessemer qui se présente surtout avec le concours des minerais des Pyrénées ou du dehors, a résolu cette difficulté jusqu'à concurrence de la production de l'acier, il ne réussit pas à produire du fer.

M. Jordan dit que le fer peut être amélioré comme l'acier par des mélanges de minerais. Il considère que la qualité du fer peut être surtout améliorée par l'étude des dosages et des réactions chimiques du haut fourneau. Ainsi, par exemple, MM. Dupont-Dreyfus, en employant les minerais oolithiques de la Moselle qui sont médiocres, sont arrivés, en étudiant de très-près le travail des hauts fourneaux à ce point de vue, à classer et spécialiser leurs fontes de façon à produire des fers bruts de diverses qualités, qui leur ont permis d'établir une fabrication de fers marchands très-remarquables, eu égard à la nature phosphoreuse des minerais. Ce qu'ils ont fait avec des minerais un peu ingrats, on peut le faire plus aisément avec de meilleurs minerais.

M. le Président observe que les produits de l'usine qu'on vient de citer ne dépassent pas la qualité ordinaire.

M. Jordan répond qu'il n'en est pas moins vrai que leur qualité s'est améliorée. Le travail des hauts fourneaux a fait du reste partout de très-grands progrès. Ainsi, on peut arriver maintenant grâce à une meilleure connaissance des mélanges et des réactions à utiliser des minerais sulfureux et phosphoreux, de façon à obtenir des fontes relativement pures.

M. le Président dit que la plupart de nos hauts fourneaux font usage du minerai local. Les minerais étrangers entrent cependant pour un cinquième dans la fabrication française, mais un petit nombre d'usines en font usage. Les mélanges ne paraissent pas aussi généralement employés en France qu'en Angleterre.

M. Petitgand répond que cette remarque est exacte quand on ne mélange pas aux minerais français d'autres minerais supérieurs.

M. Jordan croit que les mélanges de minerais sont plus en usage en France qu'en Angleterre. Il n'existe guère chez nos voisins que quatre sortes de minerais : le carbonaté argileux des houillères, l'hydraté du Cleveland, le blackband d'Écosse et l'hématite rouge du Cumberland. Cette dernière sorte seule est l'objet de transports

au loin, et encore n'est-ce que depuis 4 ou 5 ans. On a du reste aussi
Angleterre les meilleurs résultats, avec les mélanges de minerais.

M. Petitgand ajoute à l'énumération qui précède les fers spathiques

M. Ivan Flachat demande si l'opinion de M. Petitgand est que l'aven
tallurgie française appartient aux usines du Midi, et que nous ne pouv
de fers supérieurs qu'avec des minerais étrangers. Quant à lui, il croit
leurs résultats s'obtiennent, non par l'emploi des mines étrangères pur
en faisant des mélanges. Ainsi, il ne voit guère en Algérie, en Toscane,
pays où les minerais très-riches que l'on importe en France peuvent
avec les excellents combustibles anglais, d'usines dans des conditions
de production et de vitalité. Il semblerait, d'après cela, que si les mine
s'améliorent par leur mélange avec les minerais étrangers, ceux-ci,
gagnent à venir se mélanger aux produits du sol français.

M. Jordan cite l'exposition des fers du Creusot, qui sont classés en se
le n°7, qui est au haut de l'échelle de qualité, est produit avec du miner
exclusivement, dit-on.

M. Petitgand dit que certainement les usines du Nord et de l'Est
venir du minerai riche pour le mélanger à celui de leur localité, et an
leur fabrication. Malheureusement, les tarifs de nos chemins de fer sont
En Westphalie, le tarif est de 0f,0175 par tonne et par kilomètre pour
le minerai. En France, il est de 0f,035.

Les objections de MM. Jordan et Ivan Flachat n'infirment pas les obs
la nécessité de mélanger les minerais même médiocres pour maintenir l
produits. C'est en cela qu'il trouve le Midi mieux placé et dans de me
ditions, parce qu'il peut recevoir des matières plus riches et de nature
Ce n'est pas à dire que les usines du Nord, de la Moselle, etc., doivent,
n'ont pas ces avantages, cesser leur fabrication : il sera toujours nécess
duire des fers ordinaires propres à satisfaire aux besoins courants de l
tion et de la construction, et le Nord est en position d'y satisfaire. Mais
dance chaque jour plus prononcée de revenir dans les arts mécaniques
d'élite, le Midi est incontestablement dans de meilleures conditions que
dehors des minerais indigènes de la chaîne des Pyrénées, qui rivalis
meilleurs choix des minerais allemands, Styrie, Carinthie, et Siegen, etc.,
les minerais d'Afrique, d'Italie et d'Espagne, qui jouent déjà un rôle
dans la fabrication des usines du bassin méditerranéen.

Envisagé au point de vue commercial, le Midi a également des
manquent au Nord : il n'a pas à craindre l'Angleterre et la Belgique, v
Prusse; il a pour marché toute la Méditerranée, sans avoir à redoute
rence de celle-ci.

Au reste, ces questions ne peuvent être décidées dans un sens absol
entrer les éléments économiques qui doivent influer sur leur solution

Ce qu'on doit et ce qu'on a voulu constater, c'est qu'en présence
d'affinage nouveaux qu'on met aujourd'hui en avant, qu'ils soient du
chimique mieux conduit, ou aux matières premières, le choix et la qua
jouent un rôle prépondérant que chacun reconnait.

M. Vuillemin observe que la Moselle l'emporte sur l'étranger pour le
fers inférieurs, au point de vue du bon marché : la preuve est qu'elle
Prusse.

M. le Président ramène la discussion à la comparaison entre le fer puddlé et l'acier de fusion.

Suivant les étrangers, le procédé de fusion est plus épurateur. La valeur du procédé Bessemer, c'est qu'élevant le fer à la température de fusibilité où il ne peut rester que quelques secondes sous peine d'avoir un déchet exorbitant, ce procédé est épurateur au plus haut degré, en ce qu'il gazéifie toutes les matières étrangères, excepté le phosphore, et cela à un prix qui ne dépasse pas le prix de revient du puddlage. On essaye, pour lutter, de fondre le fer directement, mais on échoue, faute de matières encaissantes.

M. Petigand répond qu'un creuset de chaux résout la question.

M. Jordan observe que la difficulté est de mettre la chaux sous forme de sole de four à puddler.

M. Petitgand ne pense pas que la prédominance du procédé Bessemer place la métallurgie française dans une situation d'infériorité. En somme, les Pyrénées, l'Algérie, l'Espagne nous fournissent tout ce qu'il nous faut.

M. le Président ne partage pas l'opinion de M. Petitgand en ce qui concerne l'usage exclusif de certains minerais. Nos usines feront bien de mêler à leur fabrication des minerais qui donnent au fer et à l'acier une qualité supérieure; mais le problème est plutôt d'appliquer les procédés de fusion qu'on emploie pour l'acier, à la production du fer qui n'exige que les minerais fournis par notre sol.

M. Ivan Flachat demande à bien spécifier la position des usines françaises. Il croit que les minerais étrangers ne sont employés qu'en petite quantité seulement. Le prix du transport est donc un élément d'importance moindre, et ne pouvant mettre les usines du Centre, de l'Est, du Nord, etc., dans un état d'infériorité par rapport à celles du Midi.

M. Jordan se rapproche plus de l'opinion de M. Ivan Flachat : il ne trouve pas non plus la métallurgie française mise en danger par les nouveaux procédés; la France peut fabriquer l'acier Bessemer mieux et à meilleur marché que l'Angleterre; elle possède le plus grand choix de minerais qui existe en Europe, avec les ressources que lui fournissent l'Algérie, l'île d'Elbe, l'Espagne, la Sardaigne. La lutte est difficile seulement avec la Prusse, qui est en avance sur nous pour le choix des minerais et les moyens de transport.

M. Vuillemin ne croit pas que la Prusse puisse lutter contre la métallurgie française : les droits sont les mêmes des deux côtés, et nous vendons du fer à la Prusse, tandis qu'elle ne nous en vend pas.

M. le Président demande s'il résulte de la comparaison du prix de fabrication des fers présentés à l'exposition, que les droits sur les fers pourraient être diminués.

MM. Jordan et Petitgand répondent qu'il faut préalablement améliorer nos voies de transport et abaisser les tarifs et les droits de navigation.

M. Ivan Flachat appuie cette opinion.

M. Jordan donne quelques détails sur la fonte Gruson qui sert à fabriquer les projectiles remarquables dont a parlé M. Petitgand dans sa communication. Ces boulets sont fabriqués avec une fonte manganésée presque dépourvue de silicium très-carburée et moulée en coquille qui se trempe sur une assez grande épaisseur avec dégradation insensible de façon à ne pas avoir de solution de continuité par le choc.

M. Petitgand ajoute que la trempe en coquille ne suffit pas pour déterminer cette dureté, et que les fontes renferment évidemment d'autres matières en plus ou moins grande quantité qui leur donnent les propriétés qu'il a signalées.

M. Chapelle rappelle qu'il y a longtemps déjà il produisait des fo
cité extraordinaire dont on pouvait tirer des copeaux de plusieurs mètr
Un canon-éprouvette, de 0m,60 de diamètre, fourni par lui à l'artill
y a une trentaine d'années, est encore en parfait état de conservatio

MM. (de) Arbelu, Calleja, Cartier, Elwell (Henri), Longperier et
reçus membres sociétaires.

Séance du 26 Juillet 1867.

Le procès verbal de la séance du 5 juillet est adopté.

M. le Président annonce que M. Jacquin, membre de la Sociét
nommé chevalier de l'ordre de l'Étoile-Polaire de Suède, et M. Calar
l'ordre royal de Charles III d'Espagne.

M. Lavalley fait la lecture de son rapport sur la marche des trav
Suez, pendant le second semestre de l'année 1866 et le premier se
(voir ce rapport, page 523).

M. le Président prie M. Lavalley d'entrer dans quelques détails
sitions des jetées de Port-Saïd.

Depuis sa dernière communication, ces jetées ont été, dans la
verses publications et dans des réunions d'ingénieurs, l'objet d'étu
vations.

On semble s'accorder à trouver que la longueur de la jetée de
gérée en ce sens qu'il n'y aurait pas d'intérêt à la porter au del
8 mètres pour affranchir la passe de tout danger d'ensablement, et
cette profondeur, la limite de longueur est donnée par la seule util
calme des eaux dans l'avant-port.

On a dit que la ténuité des sables de fond permettrait aux courants
de les emporter au delà de l'extrémité de la jetée, si l'existence
était bien établie. Qu'il n'y avait donc pas de nécessité de les arr
jetée pleine, puisqu'ils peuvent franchir l'entrée du port sans s'arrête

Ces observations sont corroborées par les études récentes dues à
nieur italien, qui s'est beaucoup occupé de l'influence des courants
ment des entrées des ports et qui a fait une étude particulière des
Saïd.

Cet ingénieur propose de composer la jetée de l'Ouest de deux p
d'un intervalle de plusieurs centaines de mètres dans les fonds de 8

L'ensemble de ces vues est d'accord avec les dispositions adopté
nieurs anglais et français, qui, sur le littoral de l'Océan, constru
pleines ou à claire-voie, suivant les résultats qu'ils veulent obtenir.

Une autre opinion, qui ne paraît pas confirmée par l'observation,

rite aussi l'attention, c'est que le dépôt des sables contre la digue de l'Ouest peut s'accroître en raison de la surface d'eau calme que la digue créera; et, par conséquent, plus la jetée de l'Ouest sera longue, plus grande sera la quantité de sable accumulée.

Ces différentes considérations tendent à prouver qu'il n'y avait peut-être pas intérêt à porter les digues de Port-Saïd au delà de 1,800 mètres.

M. Lavalley répond qu'il y a maintenant assez longtemps qu'une certaine longueur de jetée a été construite, et assez de faits d'expérience recueillis pour qu'on puisse raisonner sur le cas particulier de la plage de Port-Saïd, au lieu d'y appliquer des lois plus ou moins générales déduites d'observations faites dans des conditions peut-être très-différentes.

Voici les principaux faits qui ont été constatés à Port-Saïd.

Il y a deux ans, quand nous avons exécuté le premier chenal venant du large, il existait une jetée pleine, partant à peu près des fonds de 5 mètres. C'était celle de l'Ouest. Cette jetée abritait le chenal de $4^m,50$ à 5 mètres de profondeur, que nous avons creusé alors. Ce chenal ne paraît pas avoir reçu de sable venant de l'Ouest.

Pendant ce temps, au contraire, la plage devant Port-Saïd, à l'Ouest par conséquent de la jetée, s'est avancée à raison de 15 à 20 mètres par an à peu près.

Ces deux faits semblent prouver que les sables ne sont transportés que tout près du rivage, dans les très-faibles profondeurs d'eau; que même dans les fonds de 5 mètres, les sables sont immobiles ou presque immobiles.

Je vous rappelle un autre résultat d'observations consignées dans le rapport que je viens de lire.

Depuis que nous avions terminé le chenal de $4^m,50$ de profondeur, la jetée de l'Ouest s'était avancée au plus d'un kilomètre.

Les sondages faits il y a deux mois à l'extrémité actuelle de la jetée, n'ont pas accusé de hauts-fonds produits par le sable déposé dans le remous du courant Ouest-Est.

De ces faits résultant d'observations faites dans une période peut-être trop courte, il est vrai, ne peut-on pas conclure ceci :

1° Si l'on n'avait pas fait de jetée pleine du tout, les sables qui longent le rivage en allant de l'Ouest vers l'Est seraient tombés dans le chenal qu'on eût creusé;

2° La jetée, à sa longueur actuelle d'environ 2 kilomètres, paraît arrêter tous les sables qui se déplacent seulement dans les très-petits fonds;

3° Il faudra bien des années pour que la plage, que le dépôt de sable aura ainsi formé, ait atteint l'extrémité de la jetée même arrêtée à 2,500 mètres;

4° Si l'on arrêtait la jetée pleine avant le point où le fond se trouve au niveau du plafond, ne serait-on pas exposé à voir les sables, s'ils se déplacent encore dans cette profondeur d'eau, tomber dans la fouille?

5° Il semble alors qu'il conviendrait de prolonger la digue pleine au moins jusqu'au point où le fond est au niveau du plafond du canal, puis à partir de là de se contenter de briser la lame, de façon qu'il n'y ait plus de levée qui puisse faire talonner les bâtiments.

A travers le brise-lames les sables passeraient, et, ne trouvant pas de fouille ou de creux pour se déposer, continueraient leur chemin.

Je dois m'empresser d'ajouter que ce que je viens de dire est seulement mon impression personnelle. Nous sommes chargés seulement de l'entreprise du creuse-

ment du canal, et je ne sais quel est le projet définitif auquel se sont
ingénieurs de la Compagnie pour la construction des jetées de Port-Saïd

M. le Président demande si le sable mouvant dans la profondeur de
n'est pas assez fin pour obéir à des courants très-faibles.

M. Lavalley répond que le sable n'est pas très-fluide, quoique t
qu'il contient une certaine quantité de vase ou d'argile qui lui donne
cohésion. Les ancres des navires y tiennent très-bien; il croit qu'il f
l'entraîner des courants assez forts.

M. le Président demande quel a été le but du changement de dir
jetée de l'Est.

M. Lavalley répond que le premier projet était celui de la Commiss
tionale, et ce projet avait été de faire deux jetées parallèles à un é
400 mètres, se prolongeant jusque sur des fonds de 9 à 10 mètres,
quelles on aurait creusé le chenal. Depuis, M. Pascal a proposé et la
décidé de reporter l'enracinement de la jetée Est à 1,400 mètres de la
et de la diriger obliquement par rapport à cette dernière, de manière
très-vaste avant-port, dans lequel, provisoirement au moins, nous ne f
chenal longeant la jetée Ouest.

Plus tard, au fur et à mesure des besoins, on pourra déblayer tout l'a
On pourra même, si c'est nécessaire, ouvrir dans cet avant-port, et a
jetée Est, une seconde entrée du canal.

Le projet de M. Pascal nous a toujours paru très-sage. Ces deux jet
l'une à l'autre protégent aussi bien le chenal que les jetées du premie
projet n'est pas plus cher, puisque la jetée Ouest n'est pas changée,
Est, tournant en quelque sorte autour de son musoir, n'est presque p
gue. Il a, sur le premier, le très-grand avantage de réserver l'avenir.

M. le Président demande s'il ne s'est produit, par les fortes mers, a
mation dans la partie de la jetée déjà construite.

M. Lavalley répond qu'aucune déformation ni avarie ne s'est produ
tait quelquefois demandé si les jetées seraient assez fortes, si elles ne
pas être renversées par la force de la mer.

L'origine de la jetée Ouest est formée par une estacade de pieux en f
la Compagnie a construite il y a plusieurs années. Les intervalles d
avaient été remplis de moellons. C'est derrière cette jetée que la plage s'
A la suite de cet appontement, la Compagnie avait commencé la jet
pierres qui venaient de la carrière du Mex, auprès d'Alexandrie. Cette
été, autant que possible, composée d'assez grosses pierres; mais il se t
beaucoup de moellons. On pouvait craindre que les coups de vent d'Ou
forts de ces parages, n'eussent emporté de ces moellons. S'il en eût été
les aurions retrouvés en draguant le chenal qui longe cette jetée à
n'avons pas trouvé 5 mètres cubes de pierre. La mer n'avait donc pa
forte pour les déplacer. Que pourrait-elle faire contre les blocs de MM
qui ont un volume de 10 mètres cubes et pèsent 25 tonnes?

M. le Président fait observer qu'il semble résulter de ce qui vient
qu'il y aurait plutôt chance de diminuer la longueur de la digue que de

M. Ferdinand de Lesseps répond affirmativement; aussi la Compagn

pas décidé définitivement la longueur de la jetée, et le traité fait avec M. Dussaud ne comporte-t-il qu'une jetée de 2,500 mètres.

M. le Président demande si on a rencontré, dans le lac Menzaleh, ces parties composées de vases fluides sur de grandes profondeurs, qui se seraient dérobées à la drague et dont l'inconsistance devait s'opposer au maintien du profil du canal.

M. Lavalley répond qu'elles n'ont été rencontrées nulle part : bien que, comme entrepreneurs, nous ne fussions pas responsables de la tenue du terrain, nous tenions à être renseignés le plus promptement possible sur ce point. J'ai pris des renseignements sur la manière dont les premiers sondages avaient été faits.

On me dit qu'on avait bien trouvé d'abord des difficultés à traverser une première couche ayant par places jusqu'à plusieurs mètres d'épaisseur, puis la sonde était descendue avec beaucoup de facilité. Nous avons refait les sondages.

Voici ce que nous avons trouvé :

A la partie supérieure, comme dans tous les lacs à fond argileux, une première couche de vase très-molle, mais tout à fait superficielle.

Au-dessous, l'argile dure, souvent très-dure, sur une épaisseur variable, allant quelquefois jusqu'au plafond du canal. Cette argile repose sur un terrain beaucoup moins ferme et auquel on avait donné le nom de vase fluide.

Pour y faire pénétrer la cuiller, il faut encore exercer une assez grande pression, et la cuiller ramène un mélange de sable et de vase ou de limon conservant la forme de la cuiller et dans lequel le doigt n'entre qu'avec un certain effort.

Sur plusieurs points, les dragues ont pénétré dans cette couche, et les talus tiennent presque à 55°; j'ai la conviction que nous aurons là des talus plus raides que dans le sable.

M. le Président demande quelle est l'inclinaison à laquelle les talus tiennent dans le sable et si le maintien du profil dans ce terrain n'offre aucune inquiétude?

M. Lavalley répond qu'auprès de Port-Saïd, le talus se maintient à environ deux et demi de bas pour un de hauteur.

Qu'aucune inquiétude n'est motivée, et voici pourquoi. Nous avons 100 mètres au plan d'eau ; s'il se trouvait exceptionnellement des terrains plus mous, les talus s'adouciraient, et ils peuvent s'adoucir jusqu'à l'inclinaison de cinq de base pour un de hauteur sans aller au delà de la ligne d'eau, et le pied des cavaliers ne se trouve encore qu'à 7 mètres plus loin.

A l'entrée de Port-Saïd, il y a souvent un peu de houle, du courant, un mouvement d'eau assez considérable et le talus tient à trois pour un. Je ne crois pas que le sable descende au-dessous de cette limite; par conséquent, au bout d'un certain nombre d'années, les talus dans le sable se seront naturellement adoucis à cette inclinaison et l'équilibre sera stable, les talus ne se dégraderont plus que très-lentement.

M. le Président prie M. Lavalley de s'expliquer sur la modification importante faite au premier projet, qui consisterait à remplir les lacs Amers avec l'eau de la Méditerranée, au lieu de la mer Rouge. Il lui demande s'il suppose que les travaux de terrassement du Serapeum ne demanderont pas plus de temps que les travaux de terrassement entre les lacs Amers et Suez?

M. Lavalley répond qu'il n'avait jamais pensé prendre de l'eau à la mer Rouge que pour le remplissage du petit lac, comptant toujours remplir le grand par la Méditerranée.

Nous avons un intérêt de commodité, de facilité de travail à laisser les dragues dans la plaine de Suez à l'abri de l'action des marées de la mer Rouge, c'est pourquoi nous comptons creuser tout le canal dans la plaine de Suez, jusqu'à la laisse de haute mer, en laissant subsister là un barrage qui ne sera enlevé que lorsque tout le travail de la plaine de Suez sera terminé.

D'après le plan de campagne de l'année dernière, nous devions terminer Chalouf et le petit lac à la drague ; il fallait donc remplir ce dernier aussitôt que les travaux préparatoires à sec seraient achevés.

Comme il eût été trop long d'attendre que la Méditerranée eût rempli le grand et le petit lac, nous aurions rempli ce dernier par la mer Rouge.

Pour cela, nous eussions remplacé le barrage de la mer Rouge par un ouvrage à vannes qui se fût ouvert quand la mer aurait été au-dessus de son niveau moyen, et qui se serait refermé aussitôt qu'elle aurait commencé à redescendre.

Le niveau du canal dans la plaine de Suez n'aurait ainsi varié que d'une quantité bien inférieure à la différence de niveau de haute et de basse mer.

La Compagnie ayant, sur notre proposition, décidé de faire entièrement à sec le canal depuis l'extrémité nord de la plaine de Suez, nous n'avons plus d'intérêt à remplir prochainement le petit lac. Il se remplira en même temps que le grand par la Méditerranée.

M. le Président fait observer à M. Lavalley que sa première pensée avait été de généraliser l'emploi des dragues parce que sa principale préoccupation était alors de réduire autant que possible la main-d'œuvre. Les circonstances se seraient donc modifiées, puisque l'on fait maintenant à sec une partie des terrassements près de la mer Rouge?

On est sans doute ainsi entré dans une voie plus sûre pour le cas qui s'est présenté, où la constitution du terrain présenterait aux dragues plus de résistance que celle qui avait été prévue : mais ne résulte-t-il pas de là l'obligation d'attirer une certaine agglomération de population et de vous exposer à de graves inconvénients au point de vue de la salubrité.

M. Lavalley répond que l'on enlève ainsi 6 millions de mètres cubes, mais qu'il ne peut jamais y avoir agglomération des terrassiers.

Ce sont des Arabes, des noirs de la haute Égypte, du Soudan, qui logent dans des baraques en bois portatives.

Ces baraques ne sont jamais réunies en village ; elles sont disséminées le long du canal et successivement déplacées au fur et à mesure que les chantiers se déplacent eux-mêmes, de façon que les ouvriers n'aient que quelques pas à faire pour aller à leur travail.

Il y a deux ans, quand le choléra est venu dans l'isthme, il n'a sévi avec quelque intensité qu'à Ismaïlia. Et cependant s'il y avait un endroit que, d'avance, on eût pu croire à l'abri d'une épidémie, c'était celui-là.

A Port-Saïd, au contraire, et dans nos différents campements, nous avons été presque complétement exempts. Et cependant, à Port-Saïd, nous avons reçu tous les Grecs, tous les Européens qui se sauvaient des différents chantiers.

Pendant quelques jours et jusqu'à ce que les bâtiments dans le port les aient emmenés, nous avons eu un véritable encombrement de fuyards, dont beaucoup venaient de localités infestées. Les malheureux couchaient en plein air, et néamoins Port-Saïd n'a eu qu'un petit nombre de cas.

Depuis et pendant l'année 1866, certaines affections, que les médecins considèrent comme les suites de l'épidémie cholérique, nous ont enlevé quelques hommes.

Vers le mois de septembre 1866, les dernières maladies ont disparu et la santé générale a été remarquablement bonne, meilleure certainement que pendant l'année qui précéda l'invasion cholérique.

Je crois pouvoir affirmer que pour aucun travail, dans aucun pays, le nombre de décès, pour quelque cause que ce soit, n'aura été aussi faible relativement au nombre de mètres cubes faits.

M. Ferdinand de Lesseps ajoute qu'il résulte du rapport du médecin en chef que sur une population de 23,000 individus il est mort 444 personnes, c'est-à-dire environ 20 sur 1,000, chiffre bien inférieur à la mortalité ordinaire en France.

M. le Président fait remarquer que cela indiquerait que la population se compose en général d'individus valides.

M. de Lesseps répond que toute la population de l'isthme ne se compose pas exclusivement d'ouvriers et d'hommes dans la force de l'âge. Non : il y a des vieillards, beaucoup de jeunes gens, des femmes, des enfants.

M. le Président demande à quelles nationalités appartiennent les ouvriers.

M. de Lesseps répond qu'il y a 7,000 indigènes, 6,900 Européens, en tout 13,900, composés d'autant d'Occidentaux que d'Orientaux.

M. Lavalley ajoute que les Occidentaux s'acclimatent bien. Ce sont en général des Maltais, des Calabrais. Les gens du Nord ne s'acclimatent pas aussi bien à cause de la boisson. Les Bretons ont, pour la même raison, de la peine à s'acclimater. Quant aux Grecs, ils ne s'aperçoivent pas du changement de climat. Ils ne prennent pas même la peine de se couvrir la tête. Aussi, hormis le cas heureusement peu probable d'une nouvelle épidémie, nous n'avons rien à craindre.

M. le Président demande quelle est la vitesse d'écoulement de l'eau dans le canal que pourra causer le remplissage des lacs Amers avec les eaux de la Méditerranée?

M. Lavalley répond que la vitesse sera d'environ $0^m,30$ centimètres par seconde.

M. le Président demande si on ne craint pas d'éprouver quelque difficulté à draguer jusqu'à 8 mètres de profondeur?

M. Lavalley répond : Nous avons dragué fréquemment et nous draguons à $6^m,50$ et 7 mètres; dans ce moment-ci, nous draguons le canal de Port-Saïd à 7 mètres. A Suez, nous atteignons 7 mètres de fond au-dessous de la basse mer, ce qui fait $8^m,80$ au-dessous de la haute mer; je n'ai aucune inquiétude à cet égard.

M. le Président demande quelle est la profondeur à laquelle on fait mordre la drague?

M. Lavalley répond que c'est très-variable. Il y a des terrains où, après le passage de la drague, le fond de la fouille n'est qu'à $0^m,25$ ou $0^m,30$ au-dessus du point le plus bas auquel seront descendus les becs des godets; dans d'autres, au contraire, les godets laissent derrière eux près de 1 mètre d'épaisseur de déblai, à moins de repasser très-souvent sur le même point, ce qui est très-onéreux.

M. le Président fait observer que l'emploi des longs couloirs a conduit à faire des dragues très-hautes ; n'a-t-on pas rencontré à la pratique des inconvénients qui, si tout était à recommencer, feraient chercher à éviter d'aussi grandes hauteurs?

M. Lavalley répond qu'aucun inconvénient ne s'est produit par cette hauteur, et qu'il n'hésiterait même pas à élever les godets plus haut encore. Ainsi, l'axe du tourteau supérieur est maintenant, dans nos dragues les plus hautes, à 14m,60 au-dessus de l'eau. Je ne craindrais pas, si besoin était, d'élever encore les dragues de 1 à 2 mètres.

M. Le Président fait observer que c'est un fait tout nouveau que cette élévation. Ces progrès accomplis par les instruments de draguage dans les travaux de l'isthme de Suez sont d'un intérêt immense pour l'industrie en général et surtout pour nos ports, car, en réalité, nos ports se comblent en France, et l'industrie du draguage y est très-peu avancée. Il y a donc un intérêt capital pour ce que nous pouvons nous en appliquer, de faire connaître ces progrès aux ingénieurs qui sont chargés du draguage des ports. Voilà pourquoi l'attention doit être éveillée à la fois sur la hauteur des dragues et sur la profondeur à laquelle elles opèrent.

M. Lavalley ne voit presque aucune difficulté à augmenter indéfiniment la hauteur des dragues, c'est-à-dire la hauteur à laquelle on élève les déblais au-dessus du fond.

D'une part, si l'on craint, en élevant la drague, de diminuer sa stabilité, on peut, sans inconvénient y remédier en élargissant la coque.

De l'autre, quel danger peut-il y avoir à allonger les élindes? Celui d'avoir des chaînes de godets très-longues, par conséquent très-lourdes, très-tendues? On en sera quitte pour diminuer un peu la capacité des godets ou mieux pour augmenter les boulons d'articulation et les dimensions des maillons.

Sur nos dragues, nous pensions avoir fait les articulations très-fortes. L'expérience nous a montré que les boulons étaient assez forts, mais que les bagues des maillons étaient trop minces, que les maillons femelles, ceux dans lesquels pourtant les boulons sont fixes, étaient trop minces. Nous les épaississons sans inconvénient, ainsi que les bagues, et nous pourrions les épaissir encore davantage.

Le seul point réellement difficile est de trouver une attache du godet au maillon suffisamment solide, et cela est indépendant de la longueur de la chaîne, du nombre de maillons qui la composent.

Nous nous sommes arrêtés pour le moment aux dimensions et aux dispositions suivantes pour les articulations.

Les boulons ont 0m.07 de diamètre, les maillons mâles ont 0m.06 d'épaisseur; chacune des moitiés du maillon femelle a 0m.06. Les bagues ont 0m.020 d'épaisseur. — Les boulons sont à tête ronde et libres de tourner dans l'un et l'autre maillons.

Comme la portée dans le maillon mâle n'a que 0m.06, tandis qu'elle en a 0m.12 dans le maillon femelle, celui-ci s'usera évidemment beaucoup plus lentement que le maillon mâle; et c'est le maillon femelle qu'il faut protéger, c'est celui sur lequel le godet est attaché et dont il faut éviter le remplacement.

Quant aux attaches des godets sur les maillons, quelque solides que nous ayons cru les faire, elles prennent du jeu dans les rivures. Les rivets, une fois ébranlés, mâchent les trous des tôles; quand il faut les changer, nous devons augmenter leur diamètre pour qu'ils puissent à peu près remplir les trous agrandis. Ils deviennent alors difficiles à écraser, et l'on sait que les rivets mal mis prennent vite du jeu.

M. le Président fait observer qu'il résulte de l'exposé qui vient d'être présenté que les entrepreneurs ont une complète notion de la puissance du travail de leur matériel, et d'un autre côté qu'en divisant leur travail partie à sec, partie sous l'eau,

dans la mesure où ils l'ont fait, ils doivent être à peu près certains de l'époque à laquelle ils l'auront achevé.

Il demande ce qu'il reste à faire. Quelle est la profondeur moyenne à laquelle on est arrivé dans le lac Menzaleh ? Est-ce le tiers ou la moitié ?

M. Lavalley répond qu'au 15 mai dernier il restait 48 millions de mètres cubes à enlever. Vous savez que, pour établir les comptes mensuels que la Compagnie nous paye, on relève exactement la quantité de déblais extraits pendant chaque mois. Le rendement du mois de mai 1866 a été de 500 000 mètres cubes ; un an après, le rendement mensuel qui avait crû progressivement, était de 1 200 000 mètres cubes.

Au 15 mai dernier, nous avions encore 34 dragues à mettre en marche. Quand tous ces appareils marcheront, nous ferons, à raison de 25 000 mètres cubes par drague, 850 000 mètres de plus par mois qu'en mai dernier, c'est-à-dire environ 2 millions de mètres cubes.

Nous en arriverons là vers le 1er décembre prochain.

A cette époque et d'après notre production actuelle, le cube restant à faire sera descendu de 48 millions à 40, ce qui, à raison de 2 millions par mois, demanderait vingt mois et porterait l'achèvement au 1er août 1869.

Supposez que nous nous trompions dans le rendement de 25 pour 100, ce qui est une erreur inadmissible au point où nous en sommes, il nous faudrait alors, à partir du 1er décembre prochain, au lieu de vingt mois vingt-cinq mois, ce qui nous conduirait à la fin de 1869.

Nous sommes donc en droit de dire que nous aurons complétement terminé dans le second semestre de l'année 1869.

M. le Président fait observer qu'il faut un certain temps pour que les dragues soient pour ainsi dire acclimatées.

M. Lavalley répond qu'il faut très-peu de temps maintenant. A Port-Saïd, quand nous avons commencé, il nous a fallu sept ou huit mois pour amener les dragues au rendement normal. Sur les chantiers des environs de Suez, les dragues qui sont arrivées il y a quelques mois, sont parvenues à faire au bout d'un mois ce qui, à Port-Saïd, en avait demandé sept ou huit. Chacune des nouvelles dragues que nous mettons en fonctionnement arrive beaucoup plus tôt à son rendement que n'y arrivaient les premières.

Il a fallu à tout le monde une certaine expérience maintenant acquise. Il faut dire aussi que les dernières dragues sont livrées de suite avec tous les perfectionnements que l'expérience des premières a montré être nécessaires.

L'entretien, la substitution des pièces nouvelles aux pièces usées se font maintenant beaucoup plus vite qu'au commencement.

M. le Président observe qu'il y a cependant un fait dont il faut tenir compte, c'est qu'à mesure que les travaux avancent, la distance des transports des déblais augmente, et qu'à cause de cela il faudra à la fin plus de matériel et un personnel plus nombreux.

Vous avez dit que vous iriez dans le Seuil jusqu'à 15 kilomètres pour transporter les déblais ; pour ces transports, il est évident que, à grande distance, il faudra un développement de matériel de transport assez considérable.

M. Lavalley répond que cela est parfaitement exact, mais, sur l'ensemble des travaux, cette augmentation est à peine appréciable.

Ce n'est en effet que dans le Seuil et au Sérapeum que ce fait se produira. Mais sur ces deux points même, il en résultera seulement que les quelques dragues les plus éloignées du point de décharge des déblais devront être desservies par quatre ou cinq gabarres, au lieu de l'être par deux ou trois.

Nous avons fait notre matériel en vue des grands transports de la fin et non des transports à petite distance du commencement.

Le matériel qui se trouve donc maintenant en surcroît nous sert de rechange et nous donne plus de facilité pour l'entretien.

Il y a deux objections plus sérieuses à faire à nos prévisions quant au délai d'achèvement. La première, c'est que notre matériel, n'étant plus neuf à la fin, ne pourra pas donner le même rendement que maintenant.

La seconde, c'est que les différentes parties du canal ne pourront être terminées toutes en même temps, et qu'au fur et à mesure qu'une portion se terminera, le matériel qui y est consacré, ne pouvant pas être employé sur les autres portions, la quantité de matériel en fonctionnement ira en diminuant, et le rendement total mensuel diminuera en même temps.

La première de ces objections n'est que spécieuse. En effet, pourquoi notre matériel ne serait-il pas aussi bon dans deux ans qu'il l'est actuellement? Prenons, par exemple, les dragues et examinons-en les différentes parties.

Les coques sont en tôle de $0^m,009$, $0^m,010$ et $0^m,011$; combien y a-t-il de bateaux qui, avec $0^m,006$ et $0^m,007$ d'épaisseur, ont tenu la mer pendant bien des années!

Les charpentes seront exactement dans le même état que maintenant. Les chaudières marchent presque toutes à l'eau douce. Toutes nos dragues ont d'ailleurs deux systèmes de générateurs dont chacun peut suffire à la machine.

Ces générateurs sont simples de construction. Nous n'étions pour eux gênés ni par le poids, ni par la place.

J'en dirai autant des machines qui, pour les mêmes raisons, ont été construites dans les meilleures conditions et absolument comme des machines de terre. Et quelles sont les machines qui fonctionnent moins bien après trois ans de service, pour peu que l'entretien courant ait été fait avec quelque soin?

Les engrenages, les élindes, dureront presque indéfiniment.

Restent enfin les chaînes à godets, dont l'usure est prompte, très-prompte à la vérité, mais cette usure est si rapide, qu'au bout de quelques mois une drague a déjà changé plusieurs fois de chaînes à godets. Il se fait pour ces parties une substitution presque incessante de pièces neuves ou remises à neuf aux pièces usées.

Nous pouvons en dire autant de tous nos appareils, évidemment construits pour une durée bien supérieure à celle que nous leur demanderons.

Voyons la seconde objection. La cause de retard qu'elle signale pourrait, en effet, être de quelque importance si nous n'en avions tenu grand compte dès l'origine. Si je pouvais discuter avec vous notre programme pour chacune de nos sections, vous verriez que nous avons tout disposé pour que, quelle que soit la section en retard, les autres puissent venir à son secours ; vous verriez que, au fur et à mesure que les travaux ont avancé, si quelque particularité s'est présentée qui pût avoir une influence d'accélération ou de ralentissement sur la marche du travail, nous avons remanié aussitôt la répartition du matériel. Nous continuerons ainsi de façon que jusqu'au dernier moment, la plus grande partie possible de notre matériel concoure à l'achèvement.

M. le Président demande si, dans la déviation que l'on a fait subir au canal entre Suez et les lacs Amers, on a rencontré du rocher.

M. Lavalley répond que dans le projet primitif, le canal, sortant du seuil de Chalouf, se dirigeait en droite ligne vers le chenal de peu de profondeur qui va de la rade à la ville de Suez.

C'est dans la partie en face de la ville que des sondages ont depuis révélé la présence du rocher. En sondant à droite et à gauche du tracé, on a trouvé que le rocher plongeait vers l'est, et qu'en face de Suez, à 1,200 mètres de l'ancien tracé, le rocher s'était enfoncé plus bas que le plafond du canal. Le nouveau tracé part donc de la rade comme l'ancien, s'écarte de 1,200 mètres de ce dernier, puis vient le rejoindre à environ 10 kilomètres au nord de Suez, sans rencontrer de rocher.

Toute cette partie des travaux ne nous offre donc plus de difficultés, et nous la creusons sous l'eau, à la drague. Nous avons enlevé à sec tout ce que les infiltrations nous ont permis d'atteindre. Dans la traversée de la plaine de Suez, nous travaillons dans les eaux du canal d'eau douce ; c'est avec ces eaux que nous avons rempli le canal creusé dans la plaine jusqu'à environ $0^m,50$ au-dessous du niveau moyen de la mer Rouge.

M. le Président dit qu'il a épuisé pour son compte toutes les questions sur lesquelles il a cru devoir appeler l'attention de la réunion. Il demande si quelqu'un désire en adresser de nouvelles à M. Lavalley, qui s'est toujours montré très-libéral dans ses réponses.

M. Nordling demande quelle est la quantité totale des déblais qu'il y avait à l'origine à faire, tant au-dessus qu'au-dessous de l'eau ?

M. Ferdinand de Lesseps répond qu'à l'origine il y avait 75 millions de mètres cubes à enlever.

M. Lavalley ajoute qu'il ignore ce qui a été fait avant eux, mais qu'ils ont enlevé de 14 à 15 millions de mètres cubes.

M. Maldant demande quelle est la durée du travail des dragues sur vingt-quatre heures.

M. Lavalley répond que cela dépend du genre des appareils qui desservent les dragues et de l'époque de l'année. Nos dragues de Port-Saïd travaillent du jour au jour, et encore cela n'est pas tout à fait exact. Les porteurs ne peuvent pas sortir après une certaine heure ; il faut qu'un porteur plein ait devant lui au moins une heure de jour pour sortir, sans quoi il attend au lendemain. Quand donc, vers le soir, une drague a rempli ses deux porteurs, elle est forcément arrêtée, tandis que si les choses se sont combinées autrement, et si les porteurs vides sont revenus de leur dernier voyage tard, la drague travaille pour les remplir quelque temps après le coucher du soleil. Nous pouvons compter que les dragues travaillent de douze à quatorze heures, et nos dragues à long couloir de quatorze à quinze heures. J'ai toujours trouvé de la difficulté à mettre deux équipages successifs sur une drague ; nous aimons mieux faire travailler nos hommes un peu plus longtemps, aller, au besoin, jusqu'à seize heures.

Afin d'intéresser les hommes au cube dragué, nous avons déterminé un certain minimum mensuel pour chaque drague. Quand ce minimum est dépassé, nous donnons par chaque 1,000 mètres cubes en plus, à chaque homme de l'équipage, une prime proportionnelle à sa position. Quand dans une section, un équipage a fait plus que les autres, sa prime est augmentée de 50 0/0, et l'équipage qui, dans toute l'en-

treprise, a dépassé tous les autres, reçoit une nouvelle prime encore; nous excitons ainsi une très-grande émulation.

M. le Président fait observer que d'après le plan de l'Exposition, le territoire de Port-Saïd est bien faible comme étendue, et cependant Port-Saïd est destiné à devenir une ville fort importante? On dit que le climat y est beaucoup plus salubre que celui de Suez.

M. Ferdinand de Lesseps répond que la Compagnie fait remblayer tout le terrain qui lui a été concédé. Nous savons du reste que ces terrains acquerront une immense valeur. Aussi n'avons-nous fait encore que des locations de terrain, presque pas de ventes définitives. Il y a tel locataire de terrain qui ayant construit une maison à bon marché, en tire en une année sa valeur en prix de loyer.

M. Lavalley ajoute qu'il fait moins chaud à Port-Saïd qu'à Suez, et que les ouvriers européens y travaillent mieux.

M. le Président dit que les circonstances font présumer que les destinées de Port-Saïd sont beaucoup plus considérables que celles de Suez.

M. Lavalley ajoute que cela est d'ailleurs naturel, Port-Saïd est tourné vers l'Europe, et Suez vers la mer Rouge.

M. Ferdinand de Lesseps dit que Port-Saïd a 8,000 âmes, qu'il en aura 100,000 dans dix ou quinze ans, lorsque par la dérivation d'une nouvelle branche du Nil on l'aura doté d'un canal d'eau douce. J'ai vu Alexandrie avec 35,000 âmes, il y en a aujourd'hui 150,000; Port-Saïd a plus d'avenir qu'Alexandrie.

M. Lavalley ajoute que le delta, c'est-à-dire la partie cultivée, est exactement le triangle, dont les trois sommets seraient le Caire, Alexandrie et Port-Saïd. Si du Caire vous menez une ligne droite vers la mer à mi-distance d'Alexandrie et de Port-Saïd, vous avez partagé ce triangle en deux parties égales. La moitié qui est vers Port-Saïd est la plus riche et la plus fertile. De plus, la plus grande partie du désert, comprise entre le delta et le canal maritime, peut être rendue comme autrefois à la culture.

Ajoutez encore que le port d'Alexandrie n'est, à cause de la sinuosité de la passe, accessible que le jour, et que même le jour, quand la mer est agitée, la houle pénètre dans les passes qui sont peu profondes; les bateaux ne peuvent ni entrer ni sortir, parce qu'ils seraient exposés à talonner.

A Port-Saïd, au contraire, les bâtiments entreront la nuit comme le jour, quel que soit le vent, quel que soit l'état de la mer.

M. le Président fait observer que la part active prise par la France, dans le percement de l'isthme de Suez, a dû y laisser ou y faire rentrer une notable partie des sommes dépensées en matériel, main-d'œuvre et alimentation.

M. de Lesseps répond qu'une très-grande partie, tant en intérêts des versements du capital qu'en payement du matériel, en achat de vivres et objets d'habillements, etc, est, en effet, restée ou rentrée en France.

Il y a tel magasin dans l'isthme qui vend quelquefois jusqu'à 2,000 francs par jour de produits français.

M. Lavalley ajoute qu'il faut noter qu'à l'exception du blé qui vient en partie d'Égypte, en partie de la Russie, et de la viande qui vient de l'Asie Mineure, tout ce que consomme la population de l'isthme vient de France.

De plus, nos employés et nos ouvriers français, dont les salaires sont très-élevés, envoient en France par nos mains, chaque mois, des sommes importantes.

M. le Président demande si la végétation commence dans les parties habitées de l'isthme, et si la Compagnie fournit de l'eau pour les besoins de la culture.

M. de Lesseps répond qu'il s'est fait beaucoup de jardins dans l'isthme.

A Ismaïlia et du côté de Suez, le canal d'eau douce permet d'en avoir sans mesure. — Pour la partie comprise entre Ismaïlia et Port-Saïd, qui est alimentée par une pompe à vapeur et des tuyaux de conduite, la Compagnie laisse prendre pour la culture toute l'eau qui n'est pas nécessaire à l'alimentation directe des habitants ou aux machines des entrepreneurs.

M. le Président remercie M. Lavalley de son intéressante communication.

L'intérêt qui s'était attaché à la première devient de plus en plus vif dans celle-ci à mesure que les difficultés vaincues prouvent que l'œuvre est accomplie avec courage, résolution et succès.

S'il m'est permis d'ajouter une observation personnelle, je féliciterai la Compagnie du canal de Suez d'avoir confié à des mécaniciens l'achèvement de son œuvre.

M. le Président remercie également M. Ferdinand de Lesseps d'avoir accepté l'invitation de participer à cette réunion.

M. le Président rappelle qu'en vertu de l'art. 11 du règlement, la Société doit procéder à la nomination d'un membre du Comité en remplacement de M. Fourneyron décédé.

M. Émile Muller ayant obtenu la majorité des suffrages, est nommé membre du Comité pour l'année 1867.

Séance du 2 Août 1867.

Présidence de M. E. Flachat, *Président.*

Le procès-verbal de la séance du 12 juillet est adopté.

M. le Président annonce que M. Fourneyron, a fait un legs de cinq mille francs à la Société. Aux termes de la loi, pour que la Société puisse entrer en possession de cette somme, il faut d'abord justifier de l'acceptation et désigner une personne qui puisse la toucher au nom de la Société quand elle sera autorisée.

M. le Président propose de désigner M. Gustave Loustau, trésorier.

La Société accepte à l'unanimité le legs de cinq mille francs laissé par M. Fourneyron, et délègue M. Loustau, trésorier, pour toucher cette somme.

M. le Président informe la Société que le bulletin du troisième trimestre contiendra la liste générale des membres de la Société qui ont obtenu des récompenses à l'Exposition. Ce travail est à peu près terminé, mais pour éviter toute erreur ou omis-

sion, il engage les membres de la Société qui ont obtenu des récompenses de vouloir bien en informer le secrétaire archiviste, afin qu'il puisse contrôler son travail.

M. le Président donne communication d'une note qu'il a demandée à M. Le Chatelier, ingénieur en chef des mines, sur la marne de Saint-Jean de Marsacq propre à la fabrication des briques, et dont il soumet des échantillons.

Cette marne se rencontre dans les environs de Dax, à proximité de la ligne de Bordeaux à Bayonne, où elle paraît former un gisement important. M. Simon, sous-directeur du chemin de fer du Midi, l'a signalée aux propriétaires des Landes comme amendement, et c'est à ce titre qu'il a fait adresser à M. Le Chatelier les premiers échantillons.

Lorsque M. Le Chatelier a vu cette matière, il a pensé qu'elle serait sans doute très-facile à diviser, surtout en la mouillant pour la réduire en pâte; il lui a semblé qu'il y avait quelque chance de pouvoir l'appliquer à confectionner avec le sable des Landes, un produit analogue aux Dina's Bricks du pays de Galles.

Ces briques sont, comme on le sait, formées d'un sable quartzeux grossier, mêlé de quelques centièmes d'argile calcaire, qu'on agglomère par une forte compression, et dont la cuisson soude tous les éléments par vitrification de l'argile fusible interposée.

M. Le Chatelier a prié M. l'ingénieur des ponts et chaussées Durand-Claye, chargé du laboratoire de l'École des ponts et chaussées, d'examiner cette marne; ces messieurs ont reconnu ensemble que le contact de l'eau la faisait tomber immédiatement à l'état de boue, de telle sorte que sa division en particules impalpables n'exigeait aucun travail mécanique.

M. Durand-Claye a ensuite reconnu qu'en pétrissant à la main cette boue avec du sable des Landes, on obtenait par la cuisson une sorte de grès factice dont les éléments se trouvaient soudés par la fusion de la marne.

M. Le Chatelier a enfin, avec les moyens imparfaits d'un laboratoire, essayé de faire des briques; il a constaté qu'en mêlant à la main trois parties de sable en poids contre une partie de marne sèche, on obtenait par la dessiccation à l'air un produit à l'état cru, susceptible d'être manutentionné, empilé, etc. Par la cuisson, il a obtenu la soudure de la masse sous forme de grès.

Il pense donc qu'il y a lieu d'essayer, dans les Landes de Gascogne, et partout où l'on trouvera des matières premières analogues, la fabrication des briques à base de sable avec ciment fusible.

Il est évident *apriori*, et l'exemple des Dina's Bricks le confirme, qu'en employant des machines à briques agissant par compression énergique, on réduirait la proportion de marne à employer pour la soudure des grains de sable, peut-être à 1/10 et même au-dessous. Le prix de la matière première et les frais de cuisson seraient réduits dans une forte proportion. On arriverait sans doute à faire ainsi des briques réfractaires à très-bas prix.

M. Le Chatelier n'a pas jusqu'ici réussi à faire faire des essais en grand, bien qu'il se soit adressé à plusieurs personnes intéressées, cependant, à l'introduction d'une industrie de ce genre dans la région de Bordeaux. M. Le Chatelier a pensé que la question méritait d'être soumise à la Société des ingénieurs civils, et que quelqu'un de ses membres trouvera peut-être opportun de faire une tentative aussi facile que peu coûteuse. A cet effet il nous a remis divers échantillons :

1° Un morceau de Dina's Brick comme terme de comparaison;

2° Plusieurs échantillons de la marne de Saint-Jean de Marsacq;

3° Divers fragments d'une brique de sa façon, à trois parties de sable en poids contre une de marne, qu'un refroidissement brusque a fait fendiller et tomber en fragments, mais qu'un refroidissement lent aurait laissée intacte.

La marne, analysée par M. Durand-Claye a donné la composition suivante :

Résidu insoluble dans les acides.	49,35
Alumine et péroxyde de fer	2,85
Chaux	22,10
Magnésie.	0,20
Perte au feu (acide carbonique et eau):	25,50
	100,00

Une matière de cette nature pourrait être remplacée par un mélange d'argile et de chaux, mais les manipulations n'auraient plus la même simplicité.

La propriété qu'offre la marne de Saint-Jean de Marsacq de fuser au contact de l'eau, propriété que beaucoup de matières analogues doivent présenter à un degré plus ou moins marqué, permettra sans doute de lui trouver une application plus immédiate.

Dans certains cas on a fabriqué des chaux hydrauliques et des ciments artificiels, par un procédé qui dispense de tout outillage mécanique.

On prend de la chaux grasse, à laquelle on ajoute, pendant l'extinction avec excès d'eau, de l'argile susceptible de se désaggréger avec facilité, telle que la terre à briques argilo-siliceuse des départements du Nord : on fait une pâte liquide que l'on coule dans des bassins creusés dans le sol ; la masse s'égoutte, prend de la consistance et peut s'enlever, après un certain temps, au louchet, sous forme de mottes qu'on laisse sécher à l'air, et qu'on repasse au four à chaux ; une petite quantité de houille suffit pour cette seconde cuisson.

La marne de Saint-Jean de Marsacq, par l'extrême division qu'elle acquiert en fusant, et par sa composition chimique, se prêterait avec une grande facilité à une opération de ce genre, qui, dans certaines circonstances, donnerait sans doute des résultats avantageux.

On emploierait pour faire fuser la marne de Saint-Jean de Marsacq un lait de chaux très-clair, exempt de grumeaux, avec un malaxage assez prolongé, et par la cuisson avec frittage des matières comme on la pratique en Angleterre, on ferait des ciments dont la qualité ne laisserait probablement rien à désirer.

M. le Président a pensé que cette communication pourrait intéresser les membres de la Société, c'est ce qui l'a engagé à prier M. Le Chatelier de rédiger cette note pour laquelle il lui sera adressé des remercîments.

La conversation est reprise sur l'Exposition universelle.

M. Maldant se propose de parler des *générateurs* de vapeur de l'Exposition.

La production de la vapeur *à bon marché* est l'un des problèmes les plus importants qui se pose en permanence aux recherches des mécaniciens et des ingénieurs.

Plus les moteurs à vapeur se multiplient, plus les mines de charbon s'épuisent, plus le problème acquiert de gravité ; plus il est urgent de rechercher et de distinguer les meilleures formes de chaudières à adopter selon les circonstances.

Sous ce rapport, l'Exposition universelle peut fournir les enseignements les plus précieux ; les *innovations* et les *améliorations* qui ont été apportées, dans ces dernières années, aux générateurs, sont beaucoup plus radicales et sensibles que celles qu'on remarque dans les machines proprement dites.

Ainsi, quand les chaudières à vapeur à bouilleurs, ou tubulaires, qu'on construisait exclusivement il y a quelques années (et qu'on emploie presque partout encore aujourd'hui), mettent environ de *une heure* à *deux heures* pour monter en pression; on voit, à l'Exposition, des générateurs de construction toute différente monter en pression en *dix minutes*.

Or, indépendamment de l'utilisation de la chaleur que révèle un tel résultat, il ne faut pas perdre de vue qu'il y a là une facilité de service qui vulgarisera les moteurs à vapeur, dans une foule de cas où la lenteur de la mise en pression était un obstacle insurmontable, ou une grande difficulté pour leur emploi.

On peut citer, comme exemples, les cas où le travail est *intermittent;* ou bien, où il a besoin de se produire presque instantanément, comme dans les *pompes à incendie*, les *grues* et *appareils de chargements* et *déchargements*, les *bateaux de secours* et de *plaisance*, etc., etc.

Ce qui frappe le plus dans l'examen général des chaudières de l'Exposition, c'est que le succès a surtout couronné les tentatives qui ont eu pour objet l'augmentation de surfaces de chauffe directes des foyers et celle des circulations d'eau dans les chaudières.

C'est dans ces deux conditions principales que se résument les progrès si remarquables qui ont été réalisés dans ces dernières années, et qui sont certainement appelés à exercer une grande influence sur l'avenir de la construction des générateurs.

Laissant de côté, dans ce rapide examen, les chaudières les plus connues et les plus répandues, c'est-à-dire celles composées d'un corps cylindrique, avec ou sans bouilleurs, ainsi que celles tubulaires, dans le genre des chaudières marines ou de locomotives, M. Maldant décrit sommairement celles qui lui paraissent indiquer et justifier des tendances nouvelles, et dont les dispositions, plus récentes, sont beaucoup moins connues.

Une des formes les plus simples : c'est celle d'un foyer cylindrique dans une enveloppe cylindrique, avec la sortie des gaz placée latéralement ou au-dessus du foyer.

Cette forme exposée par Marinoni, par la Société des fonderies portugaises, et adoptée par de nombreux constructeurs, a pour elle l'avantage de la simplicité. Cependant elle est peu économique, sous le rapport de l'utilisation de la chaleur, et les gaz sortent de la cheminée en conservant un excès de température perdu pour la vaporisation.

Un autre type, mieux compris, est celui exposé par MM. Maulde et Wibart :

Cette chaudière joint aux dispositions de la précédente, l'addition d'un *bouilleur vertical* suspendu comme une marmite dans l'intérieur du foyer, et destiné à en augmenter la surface de chauffe.

Cette nouvelle forme de chaudière, connue et employée déjà à Bordeaux depuis une dizaine d'années, produit sensiblement plus de vapeur que la première, avec la même surface de grille, le même tirage et la même dépense de combustible.

Des expériences personnelles ne laissent à M. Maldant aucun doute à cet égard, et l'autorisent à affirmer que cette seconde forme de chaudière présente un progrès marqué sur la première.

Parmi les chaudières de l'Exposition établies dans le même but et le même ordre d'idées que celles de MM. Maulde et Wibart, M. Maldant cite celles de MM. *Bréval* et *Hermann-Lachapelle et Glover,* en France ; celles d'*Appleby* frères, en Angleterre; et de beaucoup d'autres constructeurs, qui croisent *horizontalement* plusieurs bouilleurs au-dessus de la grille, dans la hauteur du foyer.

Ces chaudières, comme celles de Maulde et Wibart, sont solides et produisent la vapeur dans de bonnes conditions de rapidité et d'économie. Le nettoyage des cendres et des produits de la combustion paraît plus facile dans les générateurs Maulde et Wibart, à cause de la position *verticale* de toute la surface de chauffe qui ne se prête pas, comme les bouilleurs horizontaux, à retenir les dépôts de cendres; par contre, on peut obtenir plus de surface de chauffe, dans le même espace de foyer, avec plusieurs tubes-bouilleurs horizontaux qu'avec un seul bouilleur vertical. Dans cette dernière série de chaudières, le haut du foyer restant libre, la cheminée se place à la partie supérieure; et les gaz, suffisamment refroidis par le contact des bouilleurs, traversent la chambre à vapeur dans un conduit qui y remplit utilement l'office de *réchauffeur* de vapeur.

Un autre constructeur anglais, *Russell et Compagnie,* a exposé une grue à vapeur roulante de 5,000 kilog. dans laquelle il a adopté la forme de chaudière qui vient d'être décrite; avec cette seule différence qu'au lieu de placer ses bouilleurs horizontalement, il les *incline à 4 ou* 5 *degrés* pour faciliter le dégagement de la vapeur à la partie supérieure, et la descente des dépôts sur la partie inférieure des tubes-bouilleurs.

Il y a aussi, dans la section prussienne, une chaudière très-intéressante, construite par M. *G. Schmaltz,* poussant beaucoup plus loin l'application des mêmes principes: Le foyer contient 15 ou 16 tubes-bouilleurs intérieurs, et 8 tubes extérieurs servant au retour des gaz, par renversement, et surface de chauffe indirecte; la cheminée est à la partie inférieure.

Cette disposition paraît devoir utiliser parfaitement la chaleur; M. Maldant croit sans peine l'affirmation qui lui a été donnée, que cette chaudière montait en pression en *moins de* 25 *minutes*, dans un allumage à l'eau froide.

Quelques dispositions particulières de cette chaudière méritent d'être spécialement signalées : d'abord l'*inclinaison* légère des tubes-bouilleurs intérieurs, ayant pour but la facilité du dégagement des dépôts et de la vapeur.

Ensuite la position verticale des tubes de retour de flamme, ayant, selon le constructeur, l'avantage d'établir, entre la direction du tirage et celle inverse que prennent les gaz chauds, un *remous* qui aide à l'absorption de la chaleur des gaz avant leur arrivée dans la cheminée.

Enfin l'*amovibilité de la chaudière* proprement dite, qui n'est qu'une simple cloche, fixée par un joint sur la plaque inférieure du foyer, et qui permet ainsi la visite facile, et le nettoyage des incrustations du foyer.

La seule crainte que lui ait inspirée cette chaudière, est celle d'une assez grande difficulté de nettoyage des parcours de flamme; au bout d'un certain temps, il doit y avoir des amas assez considérables de suie et de cendres à la partie supérieure des tubes-bouilleurs, surtout dans le haut du foyer, et il lui aurait paru bon de voir dans cette chaudière, comme complément de ses bonnes dispositions, l'organisation d'un moyen facile de ramonnage.

Une autre chaudière, toujours construite dans le même ordre d'idées, est celle de

Thompson, d'Édimbourg, appliquée à une grue à vapeur roulante : elle présente la disposition suivante, c'est-à-dire un foyer légèrement conique, un bouilleur sphéroïdal suspendu sur le combustible et enlevant la plus grande chaleur de la flamme, pour permettre aux gaz de traverser, sans danger, un rang annulaire de tubes qui traversent la chambre à vapeur, et y font l'office de réchauffeurs.

Les divers types de chaudières qui précèdent sont répétés, à quelques variantes près, par le plus grand nombre de constructeurs, comme *Bacchlé et Comp.* de Vienne. *Easie et Comp.*, de Gloucester, *Alexander frères*, de Barcelone, etc., etc.... Partout on trouve la trace de l'incessante préoccupation du développement des surfaces de chauffe directes.

Les grands générateurs de *Galloway et fils*, qui alimentent les moteurs de la section anglaise, en sont un nouvel exemple : dans ces chaudières, il y a deux foyers cylindriques qui se réunissent, après les grilles, dans une seule capacité elliptique; et des bouilleurs coniques sont placés sur toute la longueur des parcours de flamme.

La forme conique de ces bouilleurs, et leur position plus ou moins verticale, facilitent le dégagement de la vapeur et la précipitation des dépôts, de même qu'ils servent à entretoiser les faces des foyers, et à briser sans cesse les directions de la flamme pour multiplier ses points de contact avec les parois à chauffer.

Plusieurs centaines de ces chaudières, contenant plus de 30,000 tubes, ont été livrées à des industriels, et les certificats les plus honorables ont été donnés à MM. Galloway et fils.

Cependant la fabrication et l'entretien de ces tubulures coniques semblent difficiles et coûteux, et M. Maldant croit qu'il serait facile d'arriver, par une construction plus simple, à d'aussi bons résultats.

Les chaudières de MM. *Hédiart et Joly* sont basées sur la division de l'eau et le surchauffement de la vapeur. Elles tendent, comme presque toutes les autres, à augmenter la surface de chauffe et à diminuer la masse d'eau à chauffer.

Cette chaudière se compose de plusieurs bouilleurs inclinés recevant l'action directe de la flamme. Une petite chaudière transversale alimente les bouilleurs à leurs extrémités inférieures. La vapeur des bouilleurs s'échappe, à leur extrémité supérieure, par une série de tubes en serpentin chauffés par le retour de flamme; de là, elle se rend dans la chambre à vapeur de la chaudière transversale.

La chaleur est très-bien utilisée dans ces générateurs qui, d'après plusieurs certificats délivrés aux inventeurs, paraissent monter en pression en 20 ou 25 minutes en vaporisant au moins 8 kilogrammes d'eau par kilogramme de charbon.

Le prix de construction de ces chaudières est élevé, mais leurs résultats, en marche, paraissent excellents.

La société a entendu plusieurs fois des descriptions détaillées des chaudières à *foyers amovibles* de MM. Laurens et Thomas, de MM. Chevalier et d'autres analogues.

Ce groupe de chaudières, qui a son mérite particulier, est peu imité à l'étranger; cependant la facile visite des organes intérieurs d'un générateur est très-utile, surtout avec la complication des formes, qui va sans cesse en croissant; et il est à désirer que les moyens de visiter et de réparer facilement les chaudières soient pris en très-sérieuse considération, sans nuire en rien, cependant, aux bonnes dimensions et dispositions générales.

Une nouvelle catégorie de chaudières paraît destinée à *modifier profondément* l'industrie de la génération rapide et économique de la vapeur. Ce sont les chaudières *Belleville, Carville, Field, Hayward Tyler et Ce* et leurs similaires.

La chaudière *Belleville* se compose d'une succession de tubes en fer, en U, réunis par leurs extrémités dans des pièces d'assemblage, bouchées par des tampons, qui en permettent le nettoyage intérieur.

La réunion des tubes constitue des serpentins isolés, de nombre et de hauteur variables, qui communiquent par le bas pour l'alimentation d'eau, et par le haut, pour le dégagement de leur vapeur dans un réservoir commun.

Ce système de tubes, placé dans un bon foyer en maçonnerie, armé de fer et de fonte, utilise admirablement et exclusivement la chaleur directe, et produit, par l'élévation successive de la température dans les tubes, une *circulation* rapide qui facilite l'absorption de la chaleur.

D'un autre côté, les tubes supérieurs forment aussi chambre *à vapeur surchauffée*, par leur contact immédiat avec les gaz avant leur sortie par la cheminée.

MM. Belleville et Comp. ont ajouté à leur foyer un *réglage de registre automatique* qui est en communication avec la chambre à vapeur au moyen d'un tuyau.

La vapeur agit sur des couples de ressorts en rondelles (système Belleville), et les fait fléchir (par l'intermédiaire d'une fermeture étanche), en proportion de sa propre pression. Le mouvement des ressorts est transmis au registre de la cheminée, qui se *ferme* ou *s'ouvre* d'autant plus que la pression *s'élève* ou *s'abaisse* davantage : cette disposition est très-ingénieuse.

La chaudière *Carville* a beaucoup d'analogie avec celle Belleville : elle se compose de plusieurs parties, réunies en haut et en bas, pour l'alimentation d'eau et le dégagement de la vapeur dans des réservoirs communs, le tout placé dans un foyer ordinaire, comme la chaudière précédente.

La différence essentielle est dans le mode de renversement de la flamme, et dans le générateur lui-même, qui est un tube en serpentin dans la chaudière Belleville, et se compose, dans la chaudière Carville, de *tôles ondulées* soutenues par des entretoises.

Dans la chaudière Belleville, la vapeur formée dans les parties inférieures du serpentin parcourt toute la longueur de ce serpentin pour pouvoir arriver à son réservoir ; dans la chaudière Carville, la vapeur *s'élève verticalement* comme dans les générateurs ordinaires.

Chacun des constructeurs pense que son système est *le meilleur*, et le jury a décerné une *médaille d'argent* à M. Belleville pour sa chaudière, et une à M. Carville pour un foyer de chaudière.

Ces deux chaudières sont des plus intéressantes, et elles arrivent à ce beau résultat, de vaporiser *industriellement* de 8 à 9 *kilogrammes d'eau* par kilogramme de combustible, avec un prix de construction peu élevé et une grande rapidité de vaporisation.

La chaudière *Hayward, Tyler et Ce* est une similaire des précédentes : elle est formée de tubes en fer produisant chacun environ un cheval-vapeur, et combinés entre eux pour l'alimentation d'eau et l'évacuation de vapeur.

Les tubes sont verticaux, et la partie supérieure, formant chambre à vapeur, est surchauffée par les gaz avant leur sortie par la cheminée.

Les conditions de construction et de vaporisation sont sensiblement les mêmes que dans les deux générateurs précédents.

La Compagnie des chantiers et ateliers de l'Océan a aussi exposé une chaudière verticale à deux séries de tubes superposées : la première entourant le foyer; la deuxième, traversée elle-même par les tubes de flamme, dont les extrémités supérieures traversent et surchauffent la vapeur. Mais sa construction est complexe, et la *circulation* moins bien ménagée que dans la chaudière de Field.

La chaudière de *Field*, est un des types les plus intéressants qui figurent à l'Exposition.

On peut en donner une idée en disant qu'avec une chaudière ordinaire à foyer cylindrique vertical *de 5 à 6 chevaux* seulement, on peut, en développant *énormément* par l'addition de tubes du système Field) la surface de chauffe du foyer, arriver à une production de vapeur *de 40 à 50 chevaux*.

C'est ce résultat considérable qui est obtenu dans la magnifique pompe à incendie de Merryweather et fils, munie d'une chaudière Field de 40 chevaux, et qui, lors des essais qui lui ont valu la *médaille d'or* et le *premier prix* des pompes à incendie, est montée en *dix minutes* 1/2 à la pression de 7 *atmosphères*.

La pompe de Merryweather a travaillé toute une journée, maintenant facilement sa pression de 7 atmosphères, et lançant un jet compact de 45 millim. de diamètre qui, en quelques minutes, atteignait et dépassait la galerie du grand phare; ce qui, avec la hauteur d'aspiration, représentait une hauteur totale d'ascension de 65 mètres.

Le grand succès de la pompe de Merryweather, malgré *toutes ses excellentes dispositions* d'ensemble, est dû en grande partie à l'adoption de la chaudière Field.

La seule disposition particulière de cette chaudière consiste dans une grande quantité de tubes de petit diamètre, fermés en bas et suspendus au-dessus du combustible, ou dans tous les parcours de flamme.

Ces tubes s'ouvrent, dans leur partie supérieure, dans l'intérieur des chaudières au-dessous du niveau de l'eau. La *circulation* la plus énergique y est maintenue au moyen d'un tube intérieur de petit diamètre contenu dans chaque tube bouilleur : la vapeur s'élève dans l'espace annulaire existant entre les deux tubes, pendant que l'eau tombe par le tube intérieur.

Il résulte de cette disposition que la circulation *croît comme la température*, ce qui est nécessaire et rationnel.

Par l'effet d'une grande température, la circulation peut devenir tellement considérable qu'elle dépasse aisément la vitesse de 3 *mètres par seconde*. Une certaine quantité d'autres chaudières présentent plus ou moins d'analogie avec celle-ci.

M. Maldant dit qu'il aurait pu entrer dans une discussion *plus détaillée*, à l'égard de ces différents systèmes de chaudières; mais il a surtout cherché à faire ressortir les points *saillants* des divers systèmes, pour ne pas trop fatiguer l'attention de la Société, et pour conserver cependant à cette communication un certain caractère d'utilité générale.

L'Exposition universelle *révèle* et *justifie* des tendances nouvelles et hardies dans la construction des chaudières à vapeur, et il est probable que, quand on reverra à Paris une nouvelle et grandiose exhibition comme celle qu'on admire en ce moment, la plupart des grosses et massives chaudières, encore généralement employées aujourd'hui, auront disparu.

En terminant sa communication, M. Maldant appelle l'attention de la Société sur une application *des plus heureuses*, qui n'aura peut-être pas été remarquée, et qui a

un rapport assez direct avec les générateurs à vapeur, puisqu'il s'agit d'un moyen très-simple de *ne pas manquer d'eau.*

Il s'agit du nouveau système de *puits* de M. A. Donnet, qui a obtenu une médaille d'argent bien méritée.

Ce système consiste à faire des puits bien étanches de construction jusqu'à la profondeur des couches d'eau d'alimentation; puis de fermer hermétiquement la partie supérieure, en laissant seulement passer, sans fuite, le tuyau d'une pompe.

Dans ces conditions, dès que la pompe travaille, l'abaissement du niveau de l'eau produit à la partie supérieure un *vide partiel* qui attire énergiquement les eaux extérieures, et rend ainsi presque tous les puits *intarissables.*

M. le Président fait observer que M. Maldant a omis dans son travail de distinguer les chaudières qui fonctionnent par le tirage naturel de celles qui ont un tirage forcé.

M. Maldant répond que la plupart des chaudières qu'il a décrites peuvent fonctionner indistinctement à tirage naturel ou forcé.

Il n'a pas insisté sur les conditions particulières de *tirage* adoptées dans chacune d'elles, pour ne pas trop augmenter la longueur d'une communication nécessairement superficielle; mais il pourra répondre à l'observation de M. le Président, en ajoutant quelques considérations sur les tirages, dans la rédaction qui sera destinée au *Bulletin* trimestriel de la Société.

M. Dieudonné exprime la crainte que dans la chaudière Field, la distance ne soit trop faible entre les tubes pour la circulation de la vapeur, et que par suite il n'y ait danger de brûlure.

Il demande quel est, dans cette chaudière, le volume d'eau minimum que doive contenir l'appareil.

M. Maldant répond que la rapidité de la circulation augmentant en proportion de la température extérieure, le danger de brûlure se trouve ainsi écarté.

Quant au volume d'eau il est très-variable avec les divers systèmes de chaudières; il n'y a pas de règle précise à cet égard, ce volume est très-petit si l'alimentation est bien faite, et que le réservoir d'eau et de vapeur *au-dessus* des tubes soit suffisant.

M. Gaudry pense que pour de grandes forces il faut avoir une plus grande proportion d'eau. Autrement la chaudière devient extrêmement sensible. Il redoute également les incrustations dans la chaudière *Field.*

M. Maldant partage cette manière de voir, dans une certaine limite; quant aux incrustations et aux dépôts, il ne faut pas perdre de vue que l'activité de la circulation est telle, dans les tubes de Field, que les dépôts ne peuvent y rester; et que ceux mêmes qu'on y introduit artificiellement en sont expulsés et vont se déposer dans les parties basses non tubulaires, où la circulation est moins vive; et d'où on les sort par les procédés de lavage ordinaires.

MM. Claparède, Douliot, Durval, Fournier, Létrange, Nye et Schaeck ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 9 Août 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 19 juillet est adopté.

M. Depretz présente à la Société le modèle d'un appareil de distribution sans excentrique à parallélogramme et à coulisse directe. Au point où la bielle motrice s'articule avec la tige du piston est lié l'un des sommets d'un parallélogramme articulé ; une portion de la bielle motrice, d'une part, et une tige guidée tout près de son autre extrémité suivant la verticale passant par le milieu de la course de la crosse du piston, d'autre part, constituent les côtés adjacents à ce sommet. Enfin une coulisse rectiligne est soudée à angle droit avec le côté opposé à la bielle. Il résulte de cette disposition que la coulisse est toujours perpendiculaire à la bielle. Pour transmettre le mouvement de cette coulisse au tiroir, on emploie la disposition suivante : le coulisseau qui glisse dans la coulisse est attaché à l'extrémité d'une longue bielle dont l'autre extrémité est guidée suivant le prolongement de la tige du tiroir ; au milieu de cette longue bielle vient s'articuler une autre bielle deux fois moins longue, qui est liée à la tige du tiroir. La conséquence de cet arrangement est que le tiroir se meut toujours comme la projection orthogonale du coulisseau mené par la coulisse et que sa position, lorsque la manivelle est au point mort, est indépendante de la position du coulisseau dans la coulisse.

Répondant à une question de M. *Thomas*, sur les conditions de l'avance, M. Depretz dit que le mécanisme communique à la coulisse un mouvement de translation produit par le piston et un mouvement angulaire qui est le même que celui de la bielle. C'est le mouvement de translation qui produit l'avance, et cette avance est absolument constante pour tous les crans de la détente, puisque la position du tiroir est indépendante de celle du coulisseau quand le piston est au point mort.

M. Forquenot demande si les dimensions du modèle seraient celles auxquelles conduirait une application pratique.

M. Depretz répond que dans le modèle exposé devant la Société les proportions relatives des principaux organes n'ont pas été conservées ; la coulisse, en particulier, n'éprouverait aucun accroissement de grandeur dans la pratique en introduisant, toutefois, une modification qui permît en même temps d'abaisser tout l'appareil au niveau de l'axe du cylindre. On peut évaluer la longueur que devrait avoir la coulisse à 0m,35.

M. Guébhard voudrait savoir si la longueur des barres du parallélogramme est forcément égale à la longueur de la course du piston.

M. Depretz fait observer que la longueur des côtés du parallélogramme adjacents à la bielle, n'est pas nécessairement égale à la course du piston ; on gagnerait même, au point de vue de la distribution obtenue, à les faire plus courtes.

M. Ribail demande si les inclinaisons des pièces n'exerceront pas de trop grandes pressions sur les tourillons et glissières.

M. Depretz répond que les inclinaisons des diverses pièces restent dans des limites qui paraissent assurer un bon fonctionnement à l'appareil, et, sans avoir fait de calculs à cet égard, il pense que les efforts qui se développeront aux articulations et par suite le frottement ne dépasseront pas l'intensité qu'ils ont dans la coulisse ordinairement employée. Il pense même que le travail absorbé par les frottements sera inférieur à celui qui est absorbé par les excentriques.

En résumé, cet appareil présente les avantages suivants : suppression des excentriques, ouverture plus grande d'environ 50 pour cent pour les lumières, très-grande symétrie dans la distribution pour la marche en avant et en arrière. Ses inconvénients paraissent être d'exiger deux ou trois articulations de plus que la coulisse et d'éviter difficilement les porte-à-faux. La pratique seule pourra décider de la gravité de ces inconvénients.

M. Forquenot, examinant l'avantage annoncé par M. Depretz, relativement à la diminution de la contre-pression, dit qu'il n'y a pas lieu de se préoccuper de cette question pour les machines locomotives, parce que la compression est en général très-faible, sinon nulle ; et lors même que l'échappement est serré, la contre-pression ne dépasse pas 1/10 d'atmosphère.

M. Thomas confirme cette assertion, et rappelle ce fait qu'ayant été chargé par M. Perdonnet de dépouiller, pour son ouvrage sur les chemins de fer, les diagrammes relevés par M. Polonceau au chemin de fer d'Orléans, il a été très-étonné de trouver absence de contre-pression lorsque l'orifice d'échappement est à son maximum d'ouverture. Sur sa demande, de nouvelles expériences ont été faites et ont donné le même résultat ; cherchant alors une explication de ce phénomène, on s'est arrêté à la suivante :

Le tirage n'a lieu que pendant la période d'échappement anticipé, période pendant laquelle la vapeur déjà fortement détendue et s'écoulant produit une sorte d'appel qui fait descendre la vapeur restant dans le cylindre à une pression peu différente de celle de l'atmosphère. Le fait est particulier aux machines à deux cylindres à mouvement croisé où l'échappement d'un cylindre paraît faire appel sur l'autre.

M. Thomas, examinant ensuite les conséquences de la suppression des excentriques, fait remarquer que le frottement des excentriques a été beaucoup exagéré par M. Depretz qui, au lieu de s'appuyer sur des expériences directes, se contente de calculer d'après les coefficients de frottements, généralement admis, lesquels sont beaucoup trop forts surtout pour les machines fonctionnant depuis un certain temps.

M. Thomas, examinant à quel point la suppression des excentriques est avantageuse, trouve que le frottement des excentriques a été beaucoup exagéré, parce que les expériences qui servent de base aux calculs ont été faites sur des machines qui n'étaient pas en mouvement continu.

M. Forquenot est du même avis, et la pratique le prouve, car les excentriques sont dans les machines des pièces qui s'usent peu, toujours moins que certains tourillons dont les dimensions sont faibles pour les efforts qu'ils transmettent. La grande surface de développement de l'excentrique semble donc favorable en répartissant la pression et la diminuant par unité de surface. — Il faut donc dans certains cas un fort coefficient de frottement pour les tourillons, et un coefficient beaucoup moindre pour les excentriques.

M. Ribail fait remarquer que le frottement au démarrage n'est pas le même que dans un mouvement continu, et de plus dans un excentrique il y a deux instants où le déplacement est presque nul.

M. Thomas insiste sur ce fait que l'absence de contre-pression est particulière aux machines à deux cylindres à mouvement croisé, où l'échappement de l'un des cylindres paraît créer une sorte d'appel en agissant sur l'échappement de l'autre.

M. Maldant fait observer que pendant que la compression s'opère dans un cylindre, le tiroir de ce cylindre ferme l'orifice d'échappement; par conséquent, la dépression produite dans la tuyère ne peut avoir d'effet sur la compression, qui doit se continuer normalement jusqu'à l'ouverture du tiroir.

Il croit donc que l'explication du phénomène observé doit se trouver ailleurs.

M. Forquenot répond que l'appel n'est pas produit sur un piston par l'autre piston, mais bien parce que, au moment où la lumière d'échappement s'ouvre, le cylindre se trouve communiquer avec une capacité formée par la base de conduite de l'échappement au sommet de laquelle s'écoule, en produisant un appel derrière elle, la vapeur de la précédente cylindrée.

M. Ribail ajoute que d'ailleurs le vide existe dans toute la boîte à fumée où il est, comme on le sait, de 1 à 2 centimètres de mercure.

M. le Président cite, à cette occasion, les expériences faites sur une invitation de l'Administration, et lors de la construction du chemin atmosphérique en 1846, relativement à la production du vide par un échappement précipité de vapeur au moyen du tiroir ordinaire, à l'extrémité d'une conduite de 150 mètres de longueur. Le vide s'est élevé à l'autre extrémité jusqu'à 18 centimètres de mercure.

M. le Président clôt la communication relative au système de distribution de M. Depretz, et, reprenant la suite des conversations sur l'Exposition, annonce que les opinions énoncées dans la dernière séance relative à la métallurgie, ont soulevé des questions sur la distribution du minerai étranger dans les usines françaises sur une grande échelle. L'emploi de ces minerais en mélange des minerais français a été annoncé comme étant très-général, tandis qu'ils ne se trouveraient employés que dans un petit nombre d'usines, les plus importantes, il est vrai, et pour l'amélioration soit des fontes destinées au procédé Bessemer, soit pour la production de l'acier puddlé, mais en petite quantité pour l'amélioration du fer. Y aurait-il donc lieu de classer notre production en deux catétogories distinctes, les fers aciéreux obtenus avec les mélanges de minerais étrangers et les fers obtenus avec les minerais locaux?

Les relevés statistiques donnent une entrée de 450,000 tonnes de minerais étrangers, dont la teneur s'élève à 55 0/0; cela représente donc 247,000 tonnes de fonte environ, soit le cinquième des 1,250,000 tonnes qui se produisent annuellement.

D'après M. le président, il importe d'éclaircir certains points de la discussion précédente.

Une deuxième question a été posée par M. Petitgand, d'accord en cela avec MM. Jordan et Ivan Flachat; suivant eux, on ne pourrait songer à supprimer ou abaisser les droits sans améliorer les voies de communication. A quel genre d'amélioration ceci se rapporte-t-il? est-ce aux chemins vicinaux qui vont des minières aux lavoirs et des lavoirs à l'usine; est-ce aux routes, aux voies navigables, à l'extension des chemins de fer locaux ou à la réduction des tarifs? Quelle doit être la part de l'industrie et de l'État dans ces améliorations? il convient de s'expliquer sur ces points pour préciser le moyen d'arriver au but, qui est de porter nos produits métallurgiques sur les marchés étrangers à l'égal des nations dont les richesses naturelles et les moyens de communication ne sont pas supérieurs aux nôtres. Le marché étranger, combiné avec le marché intérieur, est nécessaire à toute grande industrie; il assure la régularité du travail et la sécurité des affaires, il est le plus fort stimulant à l'amélioration des procédés de

fabrication, il faut l'atteindre. Se défendre chez soi par des droits protecteurs peut être utile pour un temps, mais cela crée des situations provisoires qu'il faut chercher à transformer peu à peu par des améliorations successives si on veut éviter la ruine des grandes industries qui, en l'absence de la concurrence étrangère, seraient restées inférieures dans les moyens de production.

Se retrancher derrière ces mots généraux « l'amélioration des voies de communication, » c'est créer une impasse si on n'en indique les moyens. A cet égard on ne peut contester l'opportunité des discussions soulevées au Corps législatif par M. Chagot, au sujet des canaux; les canaux rendent de grands services, puisque la circulation s'y est quintuplée depuis quinze ans, mais leurs conditions de construction paraissent insuffisantes, la vapeur n'y est pas appliquée comme moteur; les essais faits jusqu'à ce jour ont échoué, et le halage a encore l'avantage au point de vue de l'économie.

Sur les canaux complétement achevés, l'expérience montre que le transport est aussi cher que sur les chemins de fer. Sur la ligne du Nord, où les canaux sont excellents, le partage entre le chemin de fer et la navigation est établi, et pour ainsi dire régularisé à des prix analogues. Sur ces canaux, le prix kilométrique est plus faible, mais les détours étant plus grands, la route est plus longue, les frais à l'arrivée plus élevés et le prix comparatif se trouve tel que le partage se fait entre les deux moyens de transport à peu près également.

L'intérêt de cette question des canaux est d'arriver à éclairer le gouvernement sur l'instrument de transport en lui-même et sur le degré d'utilité des dépenses ayant pour but d'en créer de nouveaux dans les mêmes conditions techniques.

M. LE PRÉSIDENT appelle donc l'attention sur la solution de ces questions; il espère que M. Petitgand pourra, dans une prochaine séance, présenter quelques explications complémentaires.

La parole est donnée à M. Ivan Flachat pour parler sur la première question, c'est-à-dire sur la répartition des minerais étrangers.

M. IVAN FLACHAT est de l'avis des personnes qui disent que les minerais étrangers ne prennent encore qu'une part inférieure dans la consommation des minerais en France. On se préoccupe à juste titre du développement que leur consommation prendra un jour, par suite de l'épuisement et de l'augmentation du prix de revient des minerais nationaux. Mais aujourd'hui encore, la production générale des fontes et des fers de qualité ordinaire, qui représente le tonnage le plus important, s'obtient presque exclusivement avec les minerais du pays. Il en est ainsi dans la Moselle, dans l'Ardèche, dans le Berry, dans la Marne et même au Creusot, où l'exploitation des minerais locaux de Mazenay est installée sur la plus vaste échelle.

Quant aux produits de qualité spéciale et supérieure, il est encore certain qu'on obtient d'excellente fonte et d'excellent fer avec les seuls minerais du pays, notamment dans le Berry et dans la Franche-Comté; et dans l'état actuel des choses, la France peut obtenir en fonte et en fer, sur son propre sol, tout ce qui lui est nécessaire pour toute espèce d'emploi. Il n'est pas jusqu'à la fonte miroitante, dite *spiegeleisen*, ajoutée à la fin des opérations dans l'appareil Bessemer, et qui venait naguère exclusivement de Prusse, que l'on ne fabrique maintenant en France. On y parvient, il est vrai, en employant des minerais étrangers; mais ils sont différents de ceux que l'on emploie en Prusse pour le même objet, et il est à espérer qu'un nouveau progrès permettra de produire ces fontes avec les seules ressources du pays.

M. Ivan Flachat ajoute qu'il ne serait pas exact de dire que les propriétaires de hauts fourneaux, en faisant entrer ces minerais dans les lits de fusion, n'ont pas eu d'autre but que l'amélioration des produits. Les sortes de minerais qu'ils importent sont toujours plus riches que celles qu'ils ont sous la main, et cette richesse leur permet de supporter de longs et coûteux transports. Il connaît des hauts fourneaux où l'essai des minerais de l'île d'Elbe s'est fait dans les conditions suivantes : Sans changer rien au lit de fusion, on ajouta d'abord un panier de mine toscane, puis on observa que l'allure se maintenait bonne et que les charges passaient plus rapidement. On en ajouta un second, puis d'autres, jusqu'à l'allure adoptée définitivement, et les charges passant plus vite, l'addition du minerai toscan avait pour résultat d'augmenter la production du haut fourneau dans une proportion plus forte que l'augmentation de la mine, en sorte que le supplément de mine introduite donnait de la fonte qui ne coûtait pas de combustible et servait au contraire de fondant aux minerais du pays. Dans ces conditions, on réalise surtout une amélioration économique, car la qualité de la fonte n'a pas été sensiblement modifiée.

Aussi voyons-nous les usines ayant sur place un minerai très-bon marché, comme celles de la Moselle, beaucoup moins empressées à recourir aux mines étrangères que celles, grandes ou petites, qui payent le minerai local plus cher ou sont moins favorisées par son rendement.

M. Jordan demande la parole pour justifier ce qui a été dit par M. Petitgand et par lui sur la généralisation de l'emploi des minerais étrangers en France. Pour démontrer que cet emploi n'est pas un fait particulier ou de médiocre importance, il lui suffira de passer en revue les divers groupes sidérurgiques français en commençant par le littoral méditerranéen.

Groupe du Midi. — En partant de toutes les forges au charbon de bois de Corse tous les foyers de ce groupe consomment des minerais de l'île d'Elbe, d'Algérie et d'Espagne. L'usine de Saint-Louis près Marseille a donné l'exemple dès 1855, et cet exemple a été suivi par les hauts fourneaux de Bességes, d'Alais, de Terrenoire, de Givors, de Chasse, de Vienne, du Creusot. Aucun maître de forge du groupe n'est resté en dehors du mouvement. Les hauts fourneaux d'Allevard seuls ne consomment peut-être pas de minerai étranger ; mais ils ont les fers spathiques des Alpes. Le résultat de cette large importation des minerais supérieurs du bassin méditerranéen a été une amélioration considérable des qualités de fontes au coke obtenues et une concurrence victorieuse de celles-ci aux fontes au bois de Comté et du Berry. Le nombre des hauts fourneaux au bois en activité a notablement diminué.

Groupe du Sud-Ouest. — Il est bien moins important comme quantités produites. La seule grande usine au coke qu'il renferme, celle d'Aubin, va employer ou emploie des minerais étrangers. Les fourneaux au bois des Landes et du Périgord dont le nombre a bien diminué depuis quelques années, se suffisent bien avec les minerais des Pyrénées et du Périgord ; mais leur production n'est qu'une faible part dans la production générale française. Du reste, plusieurs d'entre eux emploient les riches minerais manganésifères de la Bidassoa et de Somorostro (Espagne).

Groupe du Centre. — Les deux grandes compagnies métallurgiques qui composent ce groupe presque à elles seules, consomment des minerais étrangers dans leurs hauts fourneaux de Montluçon et de Commentry.

Groupe de l'Est. — La Franche-Comté ne présente que deux usines au coke : Fraisans et Rans : elles consomment toutes deux des minerais de l'île d'Elbe et d'Espagne. L'introduction dans ce groupe des minerais étrangers et surtout des fontes

fabriquées au coke avec ces minerais dans le groupe du Midi, de celles de Saint-Louis d'abord, a eu pour résultat une baisse considérable du prix des fontes fines de Comté et l'extinction de plusieurs fourneaux au charbon de bois, ainsi que les Préfets l'ont constaté officiellement dans des rapports aux Conseils généraux.

Les fontes fines au charbon de bois valaient, il y a trois ou quatre ans, 190 francs la tonne dans ce groupe; elles sont remplacées maintenant par des fontes fines au coke qui coûtent à peine 140 francs.

Au nord de ce groupe, les hauts fourneaux de MM. de Dietrich et Cie, en Alsace, consomment des minerais allemands (Nassau, Siegen).

Groupe de la Moselle. — Ce groupe, par suite de sa position géographique, est resté forcément en dehors du mouvement. Les hauts fourneaux de la Meuse, de la Meurthe, de la Haute-Marne, de la Marne ne consomment que des minerais locaux et fabriquent des fontes de qualité ordinaire. Ceux des Ardennes, de la Moselle emploient aussi des minerais étrangers provenant de la Belgique ou du Luxembourg; mais ces minerais n'ont pas pour effet d'améliorer la qualité des fontes : ils sont presque similaires aux minerais locaux. Celles des usines qui, comme les usines d'Ars, de Gorcy, par exemple, se font remarquer par une amélioration des qualités, doivent cette amélioration à la meilleure conduite de leurs appareils. Les hauts fourneaux de M. de Wendel seuls, dit-on, ont importé en France des minerais manganésés du Nassau, suivant en cela l'exemple de l'usine prussienne de Burbach presque limitrophe.

Groupe du Nord. — Les minerais d'Afrique et notamment ceux de Mokta-el-Hadid, découverts par MM. Talabot, remontent jusqu'à Dunkerque pour alimenter les hauts fourneaux de Denain et d'Anzin, qui naguère étaient dirigés par M. Léon Talabot de regrettable mémoire. MM. Talabot frères auront l'honneur d'avoir fortement contribué à la transformation de la métallurgie française, en consacrant leurs forces et leurs capitaux aux minerais d'Afrique à une époque où ceux-ci étaient peu recherchés des maîtres de forges français.

Groupe de l'Ouest. — Les usines de Bretagne, de Normandie, de Vendée ont peu d'importance. Toutefois, on y trouve encore, au moins dans celles rapprochées de la mer, des minerais importés de Biscaye.

Le fait de l'introduction des minerais étrangers est donc un fait général de la plus haute importance et qui tend à en prendre tous les jours davantage.

Elle est encore gênée par des circonstances particulières qu'on doit souhaiter de voir disparaître. Ainsi le minerai de Mokta-el-Hadid coûte 9 fr. 33 la tonne quand on achète 60,000 tonnes par an ; il coûte 15 francs si on n'achète que 5,000 tonnes. Cette énorme différence est peu rationnelle et empêche les usines de faible importance de suivre le mouvement.

Pour résumer : l'introduction en France de minerais étrangers de qualité supérieure a eu deux effets différents :

1° Ils ont permis de remplacer par des fontes au coke pures et manganésées les fontes au charbon de bois destinées à la fabrication des fers fins dits de Comté pour la tréfilerie, la tôlerie, la casserie, la ferblanterie. On fait dans les Vosges des fils de fer à cardes avec des fers provenant de fontes au coke, tandis qu'il y a quelques années, on n'employait pour cet usage que des fers de Suède ou de Comté, première marque.

2° Les fontes supérieures au coke fabriquées avec des mélanges de minerais étrangers ont ouvert des horizons complétement nouveaux aux aciéries françaises. Là, où

pour la fabrication de l'acier puddlé ou de l'acier de fusion au creuset, on n'employait que des fontes au bois venant de l'étranger et très-coûteuses, on emploie maintenant des fontes au coke fabriquées à proximité. La fabrication de l'acier Bessemer était impossible avec la presque totalité des fontes au coke françaises provenant de minerais indigènes ; on peut maintenant fabriquer presque partout des fontes Bessemer.

Et comme l'a fait remarquer M. le Président, l'importation des minerais étrangers ne représente encore qu'un cinquième du fer fabriqué en France. Il est permis d'espérer des résultats encore plus importants, lorsque la quantité importée atteindra un chiffre plus élevé.

M. Ivan Flachat croit que c'est aller trop loin que d'attribuer à l'introduction des minerais étrangers la grande réduction obtenue, en ces dernières années surtout, dans la production de la fonte au charbon de bois. Longtemps avant l'introduction des minerais étrangers, les bois avaient pris un accroissement de valeur énorme, et le haut prix des charbons de bois avait été le point de départ de la recherche de méthodes perfectionnées pour le remplacer par le combustible minéral. Dans cette voie, de grands progrès ont été réalisés successivement. La plupart des produits auxquels on avait cru jusqu'alors indispensable d'appliquer la fonte au bois sont allés chaque année en diminuant. Cette réduction était déjà considérable avant qu'il fût entré en France de mine étrangère en quantité suffisante pour influer sur le prix des fontes. Les traités de commerce ont hâté le mouvement en 1860, en s'ajoutant à la concurrence intérieure pour faire baisser les prix de vente du métal, en même temps que le prix des bois ne cessait de croître ; et aujourd'hui la fonte au bois peut être considérée comme une exception ; on arrivera peu à peu à la remplacer plus complétement, et à rendre ainsi la production au bois de notre territoire à une destination plus rationnelle que celle d'en faire du charbon. D'ailleurs l'estime attribuée dans certains cas à la fonte au bois est le plus souvent due à la routine et aux habitudes des consommateurs.

M. le Président trouve qu'il ne faut pas aller trop loin dans cette assertion : la fonte au coke n'est pas encore assez améliorée pour remplacer complétement la fonte au bois.

Les premières marques de fer provenant de fontes au bois et analogues aux bons fers de Suède, ont aujourd'hui disparu, et les meilleures qualités de minerais de Franche-Comté, du Berry et du Périgord, obtenues aujourd'hui avec les minerais locaux traités au coke, ne sont pas aussi bonnes que les qualités qu'on obtenait autrefois des minerais locaux traités au bois.

La Compagnie des omnibus de Paris, voulant éviter toute rupture d'essieu, n'a été satisfaite, après des essais nombreux et répétés sur les meilleurs fers français et étrangers, que des fers de Mareuil (Berry), malgré l'imperfection de la fabrication qui consiste dans l'affinage au bois, le travail au marteau, suivi d'un corroyage toujours tellement imparfait que la trace en reste constamment apparente. La qualité du fer est ici la seule cause de supériorité.

Les cordes de piano ne peuvent être faites qu'avec du fer au bois. — L'opération de la cémentation, pour les aciers au creuset, n'a pas encore disparu et elle exige des fers au bois.

M. Forquenot rappelle que les pièces de machines cémentées pour être trempées en paquet, doivent être presque exclusivement en fer au bois.

M. Ivan Flachat a voulu dire que la fonte au bois avait été supplantée au coke dans une forte proportion, et dans son opinion la fonte au bois est appelée à dispa-

raître presque totalement par suite des perfectionnements dans les méthodes de fabrication.

M. JORDAN fait remarquer que le Creusot a exposé un fer, dit n° 7, fabriqué au coke et à la houille, et exclusivement avec des minerais étrangers, dit-on, et que ce fer, d'après les essais auxquels il a été soumis, a la qualité des meilleurs fers au bois.

Les fers au bois fabriqués en France avec des minerais indigènes ordinaires (Comté, Berry, Champagne), ne sont pas aciéreux et ne peuvent servir à la fabrication de l'acier par cémentation.

Il demande la permission d'insister sur les causes de la diminution des hauts fourneaux au charbon de bois.—Il ne parle pas des *fers* au bois, mais des *fontes* au bois, attendu qu'on fabrique des fers au bois avec des fontes au coke, en affinant au feu comtois les fontes fines au coke. Avant cette application des fontes fines au coke, au travail du bas-foyer, la fabrication de la fonte au bois, malgré les améliorations introduites déjà dans la sidérurgie à la houille, s'était maintenue dans trois centres importants : le Berry, la Franche-Comté, le Périgord. Il a fallu l'introduction des minerais étrangers dans les dosages des fourneaux au coke pour battre en brèche ces forteresses. Le nombre des hauts fourneaux au bois a diminué considérablement dans les deux premiers centres et s'est affaibli dans le troisième.

A propos de l'Exposition, M. Jordan désire exprimer son étonnement de voir le procédé E. Martin récompensé seulement par une médaille d'argent. Cette invention remarquable, et dont l'importance est très-appréciée des maîtres d'aciéries prussiennes et anglaises, méritait certainement une médaille d'or.

M. LE PRÉSIDENT partage l'opinion de M. Jordan sur les encouragements que méritaient les travaux de M. Émile Martin, mais il explique l'ordre de récompense accordée par le fait que l'invention n'est pas encore assez répandue dans la pratique et que les produits exposés ne justifient pas d'une fabrication courante et appuyée sur des procédés susceptibles de régularité.

M. JORDAN réplique que l'invention n'est plus à l'état de simple expérience. M. Martin livre des aciers fondus à l'arsenal de Rochefort depuis un an au moins. L'opération est simple, facile, et, au moyen de dosages précis des fontes, fers et minerais, qui sont employés, on obtient des produits déterminés à l'avance, et dont on précise encore mieux la qualité en prenant des éprouvettes. M. Martin fabrique par son procédé et a exposé quatre sortes de produits qu'il obtient à volonté.

1° *Métal mixte*. C'est un intermédiaire entre la fonte et l'acier, obtenu par une faible décarburation. Il est très-dur, et on en fait des cœurs de croisements de voie.

2° *Acier fondu*, obtenu par une décarburation plus forte. On en a fait des outils, burins, etc., pour l'administration de la marine;

3° *Métal homogène*. C'est un acier doux, peu carburé, qui présente une grande analogie avec le métal Atlas, de Sheffield. On en fait des essieux, des bandages, des canons de fusil, des tubes pour l'artillerie;

4° *Fer fondu*. C'est le terme extrême de la décarburation. La cassure rappelle à s'y tromper celle du fer à grains au bois. M. Martin a exposé un châssis d'affût en fer fondu, plié à froid d'un coup de pilon.

Le procédé consiste à traiter des fontes pures à une très-haute température sur la sole creuse d'un four à réverbère, en y ajoutant, soit une certaine proportion de fer spécialement puddlé, soit une proportion d'oxydes ou minerais de fer purs; on obtient ainsi tous les degrés de carburation voulus. La très-haute température (2,000° au

moins) qui est *indispensable*, est obtenue par les appareils Siemens. La seule difficulté, grande il est vrai, est l'obtention de matières suffisamment réfractaires pour la construction du four. La question des produits réfractaires est de premier ordre pour la métallurgie actuelle.

Séance du 16 Août 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 26 juillet est adopté :

M. le Président fait part à la Société que MM. Daguin, Louis Richard, Simonin et Vignier, membres de la Société, viennent d'être nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

M. le Président annonce que l'association amicale des anciens élèves de l'École Centrale vient d'être reconnue d'utilité publique.

Cette association réunit aujourd'hui 1533 anciens élèves de l'École Centrale. Elle a, dès la première année de sa fondation, montré le vif sentiment de son but par la rapidité avec laquelle elle s'est constituée. La Société amicale a été fondée par les ingénieurs qui ont le plus contribué à la fondation de celle des ingénieurs civils, et lui apportent avec persévérance leur concours précieux. Le développement parallèle des deux Sociétés est désirable sous tous les rapports.

Cette circonstance fournit à M le président l'occasion d'informer la Société d'un fait regrettable qui se produit en ce moment à Londres entre deux Sociétés d'ingénieurs.

Une nouvelle Société, formée depuis 1853 sous le titre : *Société des ingénieurs*, et qui compte quatre cents membres, a demandé au gouvernement une charte d'incorporation, dont les effets sont les mêmes que ceux de la déclaration d'utilité publique en France, c'est-à-dire de constituer la personnalité légale de la Société. C'est le droit de posséder, transmettre, ester en justice, etc.; en un mot, les droits civils.

L'ancienne *Institution des ingénieurs civils*, fondée en 1818 et incorporée en 1828, a formé opposition, alléguant que la similitude des désignations sociales amènerait dans le public une confusion préjudiciable. Elle a demandé, en outre que le terme « Ingénieur » ne fût désormais admis dans aucune charte d'incorporation d'une Société quelconque formée à Londres.

La question a de la gravité, car si le sentiment de la liberté civile est moindre en Angleterre qu'en France, l'esprit de concurrence y est plus développé, et il est alors bien étrange qu'une Société, quelque célèbre qu'elle soit, puisse exiger, dans une grande ville comme Londres, l'usage exclusif du terme qui est la seule expression d'une profession.

L'ancienne Société a pris le nom d'*Institution des ingénieurs civils*, l'autre celui de *Société des ingénieurs ;* si une confusion est permise, et nous admettons qu'elle puisse être préjudiciable s'il en peut résulter, même par erreur, une solidarité

quelconque des actes de chaque Société, il faut éviter cette confusion; à cela un *numéro* d'ordre ou la désignation de l'année d'incorporation peuvent suffire.

Mais aller plus loin, engager la profession tout entière dans cette querelle, semble tellement contraire à nos idées que c'est avec un vif regret que nous voyons cette prétention.

L'*Institution des ingénieurs civils* (1818) a réuni les hommes les plus éminents, ceux qui, par le talent, par l'instruction et par le caractère, forment l'aristocratie la plus légitime de la profession. Mais les conditions de situation, indispensables pour y être admis, tout en donnant des garanties incontestables de capacité, s'attachent à un petit nombre.

C'est ce petit nombre qui veut un pouvoir oligarchique. Nul ne sera ingénieur que nous. C'est revenir aux maîtrises, aux *Trade's unions*.

Cependant la jeune *Société des ingénieurs*, plus active, plus studieuse, plus curieuse si l'on veut, contient déjà un certain nombre des notoriétés de l'ancienne *institution*, et les conditions d'admission y offrent aussi des garanties suffisantes. Elles offrent surtout un grand intérêt à s'unir et à se réunir, à travailler en commun et à publier les travaux bien f its.

L'ancienne Société avait besoin de ce stimulant. Elle s'endormait, et déjà sous la pression de sa jeune rivale, elle vient d'admettre les *étudiants* dans son sein. Tant la concurrence est chose féconde quand elle s'exerce en vue d'un but utile.

Espérons que ce triste débat, entre des hommes qui sont l'élite parmi les travailleurs, n'aura pas de suite et que, réunis, ils ne voudront pas imposer une doctrine dont individuellement ils sont l'expression absolument contraire.

M. le Président donne la parole à M. Tresca, pour entretenir la réunion des machines à travailler le bois.

M. Tresca dit qu'il n'a pas préparé tous les éléments nécessaires, mais qu'il lui paraît utile, vu l'importance du sujet, de passer rapidement en revue les différentes applications des machines à bois, pour pouvoir aborder plus tard la discussion générale avec quelque intérêt.

Les machines à travailler les bois ont précédé les machines à travailler les métaux; leur emploi ne s'est pas généralisé alors, et la question n'a été reprise qu'il y a une dizaine d'années.

Les constructeurs ont cherché dès lors à appliquer aux machines à bois les idées acquises quant à la construction des machines à travailler les métaux.

Ces machines, construites d'abord sur bâtis en bois, sont maintenant montées sur bâtis en fonte à nervure, ou en fonte creuse. On est ainsi arrivé à donner à ces outils le degré de stabilité, nécessité par la grande vitesse que l'on est obligé d'imprimer aux outils à cause du défaut d'homogénéité de la matière à travailler et des éclats qui tendent à se produire dans la pièce en travail.

Les machines à bois peuvent être classées en trois catégories correspondant aux outils ordinaires employés dans le travail des bois à la main : la scie, le rabot et le ciseau.

La scie est employée sous plusieurs formes différentes, mais les applications les plus nouvelles sont celles de la scie circulaire et la scie sans fin.

L'Exposition ne montre qu'une nouvelle application de la scie circulaire, et qui consiste dans l'emploi des scies épaisses pour faire des rainures profondes.

On emploie cette même disposition, mais avec des scies plus minces, en ne plaçant pas la scie d'une manière rigide dans un plan perpendiculaire à l'axe.

Les applications de la scie sans fin, au contraire, ont augmenté considérablement depuis que M. Périn y a apporté la modification qui constitue son invention. Ce perfectionnement consiste dans l'interposition d'un guide mobile en bois, sur le parcours de la scie et aussi près que possible de la pièce à scier; cette addition a fait passer cet appareil, sur lequel on ne pouvait exécuter qu'un travail grossier, à l'état de machine de précision.

La conduite des lames présente quelques difficultés, qui ont été aussi résolues par M. Périn. Les appareils sortant de chez ce constructeur sont mieux entendus au point de vue du rapport qu'il faut conserver entre l'épaisseur de la lame et le diamètre du tambour, que chez d'autres constructeurs qui fabriquent aussi la scie sans fin.

M. Sautreuil est le premier qui, en France, ait construit des outils à bois que l'on puisse considérer comme des machines. Il expose une scie verticale à plusieurs lames, dans laquelle on remarque une disposition de chariot, qui permet à la pièce, quelle que soit sa forme, de se placer toujours de manière que la portion sur laquelle agit la scie soit toujours en bas du châssis, pour utiliser, même pour les bois courbes, la course totale de son cadre.

M. Tresca fait remarquer ensuite que l'emploi du rabot tend à disparaître dans la plupart des circonstances, qu'il n'est plus utilisé que par exception et qu'il est remplacé par un outil tournant, ou toupie affectant des formes variées.

Quatre de ces outils réunis sur le même bâtis, deux verticalement et deux horizontalement, constituent la machine à travailler les bois sur les quatre faces.

Cet outil tournant peut recevoir une variété d'emploi vraiment extraordinaire. En 1862, on remarquait à l'Exposition la machine de M. Cox, qui consistait en une toupie pendante conduite par un balancier, à l'autre extrémité duquel était une tige armée d'une touche destinée à se promener sur le modèle. Cette machine constituait une véritable machine à sculpter.

On rencontre à l'Exposition actuelle un assez grand nombre de machines, dont le fonctionnement très-varié dérive du même principe.

M. Tresca cite une machine exposée dans la section espagnole, dans laquelle la toupie est aussi pendante : la pièce est placée sur une table munie d'un plateau divisé qui peut tourner au besoin. Dans d'autres cas, ce plateau qui reste immobile porte au centre, immédiatement au-dessous de la toupie, une goupille saillante. Un cadre en fer, destiné à recevoir la pièce à sculpter, est muni d'une rainure de forme convenable, dans laquelle la goupille reste toujours engagée, et il suffit de promener le cadre dans toutes les positions qu'il peut prendre, pour que la toupie pendante grave un dessin en rapport avec la disposition de la rainure.

Un exposant français, M. Vanloo, expose une machine à guillocher le bois avec un outil analogue, et dans laquelle l'outil est conduit par des touches glissant sur des cornes, les unes verticales pour régler la profondeur de la taille, les autres horizontales pour régler le mouvement de l'outil dans un plan horizontal. Le cadre qui porte les deux systèmes de touches peut aussi être manœuvré d'une manière indépendante, soit en ligne droite, soit circulairement pendant le fonctionnement de l'outil qui exécute avec une étonnante précision les dessins les plus délicats.

Comme exemple du travail des bois à la machine, M. Tresca montre à la Société une pièce de bois de Gaïac, sculptée à l'aide du tour à guillocher, exposé par

M. Leroy, à l'aide de l'outil tournant ou *toupie*; cet outil, pour ainsi dire universel dans son mode d'action, dans sa forme, dans les diverses situations que les tranchants peuvent occuper par rapport à la surface et par rapport aux fibres du bois. Cette étude pourra faire l'objet d'une conférence à l'une des prochaines séances de la Société.

M. le Président remercie M. Tresca des explications qu'il vient de donner, et de l'intention qu'il a exprimée de les compléter prochainement.

M. le Président donne la parole à M. Boistel, pour la lecture de sa communication sur le système de chauffage de M. Siemens et ses applications.

Ce système, appliqué à tous les foyers industriels, permet de réaliser une économie considérable sur le combustible employé.

Il est fondé sur les deux principes suivants :

1° Transformation préalable des combustibles solides en gaz; 2° utilisation de la plus grande partie de la chaleur qu'emportent les produits de la combustion pour chauffer ces gaz, ainsi que l'air nécessaire à leur combustion avant leur admission dans le four.

On a donné à ces appareils le nom de *fours à gaz* et à *chaleur régénérée*.

Deux sortes d'appareils distincts sont nécessaires : le gazogène servant à produire les gaz et les régénérateurs de chaleur.

L'idée de transformer les combustibles de faible valeur en gaz, que l'on utilise ensuite, n'est pas nouvelle, c'est M. Ebelmen qui, le premier, a fait sur ce sujet des études sérieuses.

Seulement M. Ebelmen et les inventeurs qui se sont occupés ensuite de cette question, ont toujours jugé nécessaire d'employer un courant d'air forcé.

M. Siemens a remplacé ces appareils de construction coûteuse par d'autres dans lesquels le tirage naturel suffit; les arrêts que l'on peut redouter dans le système à ventilation forcée ne se produisent plus, et le gazogène de M. Siemens marche sans le secours d'aucun appareil mécanique. La transformation de combustibles solides en gaz s'effectue dans une chambre rectangulaire, en maçonnerie, revêtue intérieurement de briques réfractaires, et ayant 2 mètres de largeur, sur 2m,80 de hauteur environ.

Le mur de face est incliné de 45° à 60°, suivant la nature du combustible; la profondeur de la chambre varie, par conséquent, de 2m,50 à 2m,80, au sommet, pour devenir égale à 1 mètre environ à la partie inférieure.

Une grille à barreaux horizontaux remplace, à la partie inférieure, cette paroi inclinée. La voûte de cet appareil est percée de trois orifices; deux d'entre eux, surmontés de trémies, servent à l'introduction du combustible. Ces trémies sont munies d'obturateurs et de doubles portes, lorsque l'on emploie du charbon gras, du bois ou de la tourbe. L'emploi de charbons maigres et menus ne nécessite pas l'emploi de ces obturateurs, le combustible même ferme suffisamment les orifices de chargement.

Une troisième ouverture sert à la sortie du gaz : cet orifice de sortie est réglé différemment, suivant que le gazogène est isolé ou qu'il est accolé à d'autres.

Cet orifice est surmonté d'une cheminée en briques, qui se réunit à un tuyau horizontal en tôle, de 6 à 10 mètres de longueur. Les gaz qui atteignent environ 400° dans le gazogène, se refroidissent jusqu'à environ 200° dans ce conduit hori-

zontal, et redescendent ensuite dans un tuyau vertical, également en tôle, pour être dirigés vers les régénérateurs.

Cette disposition assure une circulation régulière du gaz. M. Boistel, après avoir décrit le gazogène, donne la composition des gaz produits :

Oxyde de carbone, de..............	21.5 à 24.0
Hydrogènes carbonés, de......... ..	1.3 à 2.6
Hydrogène......................	5.2 à 9.5
Azote...........................	60 à 64
Acide carbonique..................	4 à 6
Oxygène libre....................	Traces.

Par suite de l'injection d'une petite quantité d'eau sous la grille et de la décomposition de la vapeur d'eau produite, une certaine quantité d'hydrogène se trouve mise en liberté : l'oxygène donne encore de l'oxyde de carbone.

L'appareil une fois allumé, le combustible descend sur la paroi inclinée, et n'arrive dans la zone en ignition qu'environ trente-six heures après son chargement.

L'épaisseur de la couche de combustible varie avec sa nature : c'est ainsi que pour le coke l'épaisseur doit être maintenue de 1 mètre environ, tandis que pour les charbons maigres et menus une couche de $0^m,40$ suffit pour assurer la transformation de l'air en gaz combustibles.

M. Boistel décrit ensuite les régénérateurs ou appareils destinés à emmagasiner la plus grande partie de la chaleur des gaz brûlés, après leur action dans le four.

Un système de régénérateurs se compose de quatre chambres en briques réfractaires, dans chacune desquelles se trouvent empilées, dans toute la hauteur de $2^m,20$ environ, des briques réfractaires étagées, disposées en chicanes, de façon que les gaz soient obligés de se mouvoir avec lenteur et de lécher les briques sur une grande surface.

Les gaz se refroidissent au contact de ces briques, et passent ainsi de la température de 1500° à 2200°, qu'il possèdent dans l'intérieur du four, à celle de 150°, lorsqu'ils arrivent à la cheminée.

M. Boistel montre sur des modèles la disposition de ces appareils appliqués à un four à réchauffer et à un four à fondre l'acier.

Les deux régénérateurs les plus rapprochés du feu sont destinés au passage des gaz.

Les deux situés à l'extérieur servent au passage de l'air nécessaire à la combustion des gaz. Cette disposition, avec celle des entrées de gaz et d'air dans le four, a pour objet de superposer l'air au gaz, afin de profiter de leur différence de densité pour assurer leur mélange intime.

Les produits de la combustion arrivant du gazogène, descendent à 3 mètres environ au-dessous du sol, rencontrent un clapet de règlement, puis une valve de renversement, analogue à un robinet à quatre voies, qui dirige les gaz dans un régénérateur ou dans l'autre. L'air arrivant naturellement rencontre aussi un clapet de règlement et une valve de renversement, et est dirigé aussi dans le régénérateur situé du même côté que celui qui sert au passage du gaz.

Ces deux courants s'échauffent au contact des briques chaudes et arrivent dans le four en lames minces, à une température de 1000° environ.

L'air et les gaz se mélangent, s'enflamment, traversent le four et sortent à l'autre extrémité.

Ces gaz brûlés traversent les deux autres régénérateurs, en échauffent les briques qui y sont contenues, puis se rendent à la cheminée.

Il suffit de renverser les deux valves pour faire que les premiers régénérateurs servent à la sortie des gaz brûlés, et que les deux autres, préalablement échauffés par la sortie de ces gaz, servent au passage des gaz arrivant du gazogène et de l'air nécessaire à leur combustion.

M. Boistel fait remarquer que la conduite des fours est très-facile, leur mode de construction et leur marche se prêtant, dans toutes leurs applications, beaucoup mieux que le chauffage direct, aux variations de température et de nature de la flamme.

Dans ces appareils on peut faire varier instantanément, au moyen des clapets d'admission, la chaleur développée dans les fours, ainsi que la composition chimique de la flamme, la rendre oxydante ou réductrice.

La température des différentes parties du four peut être régularisée très-facilement; il suffit de ménager les introductions de gaz en plus grande quantité dans les portions susceptibles d'un plus grand refroidissement, comme dans les fours d'émailleurs dans lesquels les matières introduites les dernières sont aussi celles qui sont défournées les premières.

M. Boistel cite un four à réchauffer les cornières, pour la construction des coques de navires en fer, installé au port de Lorient, qui a environ 15 mètres de longueur, et dont la température a pu être maintenue uniforme dans toutes ses parties par l'emploi du procédé Siemens, et aussi des fours à glaces installés à St-Helen's, en Angleterre, contenant 24 cuvettes.

Les avantages du procédé sont les suivants :

1° Une économie de combustible, dans toutes les applications qui réclament une haute température, s'élevant de 40 à 60 p. 100 en poids du combustible précédemment employé avant l'application du système Siemens.

Comme d'ailleurs on peut employer des combustibles de qualité inférieure, l'économie en argent s'élève souvent à 70 p. 100 et à 80 p. 100 pour la fusion de l'acier au creuset.

2° La deuxième source d'économie réside dans la pureté de la flamme complétement débarrassée de matières solides, entraînées ordinairement par un tirage actif, et qui viennent s'interposer entre les mises d'un paquet à réchauffer, par exemple, ou qui viennent s'attacher aux voûtes et aux autels des fours, et les fondent rapidement; de là, une durée plus considérable et bien constatée des fours, des creusets, etc.

Ainsi, dans l'usine de MM. Verdié et Cie, à Firminy, les creusets pour la fusion de l'acier font couramment six à sept fontes, au lieu de trois, lorsqu'on employait le chauffage direct.

3° Une élévation de température qui n'est limitée que par les propriétés réfractaires des matériaux dont est construit le four.

4° La possibilité de régler complétement à son gré l'intensité de la chaleur, de la modérer ou de l'augmenter instantanément, et de changer à volonté la composition chimique de la flamme, ce qui donne une grande économie dans les déchets, s'élevant de 4 à 6 p. 100 au puddlage et au réchauffage du fer.

Le chauffage au gaz permet de travailler le verre et même le cristal dans des pots découverts.

5° Un espace moindre occupé dans les ateliers, par suite de la possibilité de

placer les gazogènes en dehors de ces ateliers et quelquefois à des distances considérables.

6° Une réduction de la main-d'œuvre.

7° Enfin, l'absence de fumée à la sortie des cheminées, ce qui est un avantage sérieux dans les grands centres industriels.

M. Boistel passe ensuite en revue les diverses applications du système des fours Siemens, et donne quelques chiffres à l'appui de ce qu'il a dit plus haut, au sujet de l'économie qui résulte de l'emploi du four Siemens.

M. Jordan demande la permission de profiter de la présence des modèles pour adresser quelques questions à M. Boistel. En premier lieu, pourquoi les régénérateurs à air se trouvent-ils toujours placés du côté extérieur des fours, et les régénérateurs à gaz du côté intérieur? M. Siemens le fait-il à dessein?

M. Boistel répond que cette disposition est nécessaire pour que la lame d'air arrive à l'endroit où doit s'effectuer la combustion au-dessus de la lame de gaz combustible, afin que le mélange s'effectue mieux par suite de la différence de densité.

M. Jordan avait bien ainsi compris la disposition, mais il croit que ce mélange pourrait être effectué d'une façon intime et qu'il y a là quelques perfectionnements possibles. En second lieu, l'un des modèles présente des dimensions différentes pour les régénérateurs à air et à gaz. MM. Siemens ont-ils un moyen de calculer les dimensions relatives?

M. Boistel répond que la plupart du temps on fait les régénérateurs à air plus grands que ceux à gaz, afin de pouvoir chauffer plus fortement l'air et obtenir une meilleure combustion, et qu'il y a des proportions déterminées par le calcul.

M. Jordan, examinant le système de M. Siemens à un point de vue plus général, fait remarquer qu'il se compose de deux parties entièrement distinctes : le gazogène et l'appareil de combustion. On fabrique le gaz dans le gazogène et on l'utilise dans l'appareil à combustion, qui comprend les régénérateurs. D'après les renseignements qu'il a pu avoir sur la marche du système Siemens dans quelques industries, les quelques reproches qu'on lui adresse proviennent toujours du du gazogène et non de l'appareil de combustion. Ce dernier, quoiqu'il soit susceptible de quelques perfectionnements de détail, est un appareil des plus remarquables et des plus utiles. Les difficultés de conduite du système proviennent toujours de la distribution du gaz combustible, entre le gazogène et l'appareil de combustion. Lorsqu'un gazogène dessert un seul appareil de combustion, il y a déjà des difficultés si celui-ci est éloigné ; lorsqu'un gazogène dessert plusieurs appareils de combustion, la difficulté est encore plus grande. Ceux qui ont appliqué le système Siemens pour chauffer des fours d'usines à gaz, où l'on ne peut installer un gazogène pour chaque four, à cause de la complication et des frais d'établissement, ont constaté avec quelle peine on distribuait également le gaz aux divers fours. Cela n'est point surprenant lorsqu'on voit que la pression génératrice des vitesses d'écoulement est de quelques *millimètres* d'eau, et lorsqu'on constate qu'une différence d'*un millimètre* d'eau suffit pour changer le régime d'un four. MM. Siemens n'ont-ils point pensé à se mettre à l'abri de ces inconvénients en employant un gazogène soufflé? On aurait ainsi une pression de quelques centimètres d'eau, qui permettrait une distribution facile.

On a autrefois essayé les gazogènes soufflés, et on y a renoncé à cause des encombrements produits dans leur creuset par les cendres ou les mâchefers.

maintenant on saurait mieux se débarrasser de ces matières en les transformant en un laitier fusible qui s'écoulerait d'une façon continue.

On a reproché aussi aux gazogènes soufflés l'entraînement de particules cendreuses avec les gaz; mais avec la pression dont on dispose, on peut se débarrasser de ces particules au moyen des condensateurs ou caisses à poussières, comme on le fait dans les usines à gaz.

M. Boistel dit que l'économie a été moindre dans les usines à gaz, comme on devait s'y attendre, parce que la chaleur requise est moindre que dans les fours métalliques.

M. Jordan répond qu'il croit que si l'économie résultant du procédé Siemens a été trouvée moindre dans les usines à gaz que dans les forges ou verreries, c'est parce que les chauffes des fours à cornues étaient déjà plus étudiées et mieux disposées que les chauffes des fours à puddler ou à réchauffer.

M. le Président demande quel est le temps employé pour mettre en marche un four Siemens : quels sont les inconvénients de l'entraînement des cendres par l'air forcé; il ajoute qu'au Creusot, par exemple, les fours à puddler marchent avec courant d'air forcé : enfin si la température de 1500°, dont parle M. Boistel, a été mesurée directement.

M. Boistel répond que la difficulté principale que l'on rencontrerait dans l'emploi de l'air forcé serait l'entraînement des cendres qui encombreraient certaines parties peu accessibles, comme les régénérateurs. Il ajoute qu'avec les combustibles ordinaires elle est complétement inutile et qu'on est parfaitement maître de la conduite des fours; cela augmenterait d'ailleurs considérablement les frais d'installation, que M. Jordan trouve déjà élevés. Il dit que l'établissement complet d'un four à puddler ou à réchauffer ne dépasse pas 8,000 francs.

On étudie cependant l'application du four Siemens à quarante fours à puddler, au Creusot, dans lesquels on emploiera des combustibles anthraciteux exigeant un courant d'air forcé.

La mise en train d'un four, lorsqu'il est sec, ne demande que douze heures; lorsqu'il faut le sécher graduellement, on emploie trois ou quatre jours. Enfin, lorsque l'arrêt est peu prolongé, un jour par exemple, deux heures suffisent pour remettre le four en allure régulière.

M. Boistel ajoute que M. Faraday a pu déterminer directement cette température de 1500°, dont il a parlé, et jusqu'à 2200°.

M. Cazes fait remarquer que dans un même appareil la quantité d'air employée pour brûler une certaine quantité de combustible doit être toujours la même. Il ne voit pas pourquoi l'entraînement des cendres serait plus grand dans le cas de la ventilation forcée, la vitesse des gaz dans les conduits devant être forcément la même dans les deux cas.

Messieurs Cholet, Gray, Homburger, Jury, Jullin, Guiter, Martin (Charles), Laveissière (Émile) ont été reçus membres sociétaires, et MM. Laveissière (Ernest) et Laveissière (Jules) ont été reçus membres associés.

Séance du 23 Août 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 3 août est adopté.

M. le Président donne la parole à M. Lévy pour sa communication sur les procédés de fonçage des puits à niveau plein de MM. Kind Chaudron.

M. Lévy rappelle que dans le fonçage des puits dans les terrains aquifères on a longtemps employé *exclusivement* la méthode dite d'Anzin.

Ce procédé exigeait l'emploi de pompes élévatoires puissantes, échelonnées dans le puits en fonçage, et suspendues au-dessus des ouvriers.

Le travail était dangereux et les ruptures du matériel des pompes étaient surtout à craindre. Le cuvelage en bois, quelle que soit son épaisseur, se rompt lorsqu'il est soumis à une grande pression, de 15 atmosphères par exemple.

Ces accidents ne sont plus à redouter en employant le nouveau procédé de fonçage à niveau plein et *les cuvelages en fonte avec boîte à mousse* imaginés par M. Chaudron.

Le procédé à niveau plein a été employé, pour la première fois, en 1848, par M. Kind à Stiring, près Forbach. M. Kind a créé alors des outils fort ingénieux qui étaient fondés sur le même principe que ceux dont on se servait ordinairement pour les forages de petits diamètres.

Malheureusement dans ce premier essai le cuvelage était composé de douves verticales en bois de 0m,20 d'épaisseur. Arrivé à 100 mètres de profondeur, M. Kind s'est parvenu à asseoir le cuvelage sur la roche, mais pendant l'épuisement le cuvelage s'est rompu.

Le fonçage d'un deuxième puits, arrivé à 200 mètres et cuvelé de la même manière, a été complétement perdu par la même cause.

A la même époque, M. Mulot a fait un puits à niveau plein, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais); mais le cuvelage employé, également en bois, n'a pas résisté et le puits s'est effondré. Le cuvelage a été assis à la profondeur de 65 mètres C'est pendant qu'on épuisait l'eau, qu'il s'est rompu. On était arrivé à vider le puits jusqu'à 45 mètres du jour.

C'est à la suite de tous ces insuccès, que M. Chaudron a étudié un cuvelage en fonte par anneaux superposés et une *boîte à mousse*, pour établir une jonction infaillible entre la base du cuvelage et la roche, qu'il a appliqués pour la première fois à Peronne (Belgique) et qui ont complétement réussi.

Ce premier succès a été suivi d'un second succès à Peronne. Deux puits ont été ensuite foncés en Westphalie et deux autres dans la Moselle. Tous ont abouti au résultat désiré.

Les sondages avaient appris que les couches de houille exploitées à Sarrebruck s'étendaient, en France, dans la partie orientale du département de la Moselle; mais en plongeant sous des formations de grès des Vosges très-fendillé et très-aquifère, le terrain houiller se trouve souvent à des profondeurs de 150 et 200 mètres et plus

M. Chaudron n'a pas hésité de proposer à la Société de Saint-Avold et l'Hôpital le fonçage des puits de l'Hôpital par le procédé à *niveau plein* et l'application de son enveloppe en fonte, lorsque tous les essais tentés dans ces terrains et à de grandes profondeurs s'étaient traduits par des échecs. Le puits de Carling faisait cependant exception. La cause principale de ces déceptions consiste dans la venue de quantités considérables d'eau atteignant jusqu'à 100 et 120 hectolitres par minute qu'il est si difficile de combattre à des profondeurs dépassant 100 mètres. Les dépenses occasionnées par ces épuisements gigantesques, par les accidents qui surgissent avec l'emploi des pompes, etc., sont très-élevées : on a dépensé jusqu'à 2 et 3 millions de francs dans des fonçages de puits par la méthode ordinaire.

Le procédé Kind-Chaudron a parfaitement réussi pour le fonçage des puits de l'Hôpital, et il décrit les appareils dont on a fait usage.

On avait à foncer deux puits situés à 35 mètres de distance et devant servir, le plus petit d'un diamètre utile de 1^{m},80, de puits d'aérage, et le plus grand d'un diamètre utile de 3^{m},40, de puits d'extraction.

Le fonçage de ces puits a exigé des trépans de plusieurs diamètres pour pouvoir fractionner l'opération en raison de la dureté de la roche à perforer.

C'est ainsi que, pour le petit puits, un trépan de 1^{m},37 a été d'abord employé et qu'il a été suivi d'un trépan de 2^{m},40 de largeur. Ces deux outils étaient d'abord à fourche. Les emmanchements et les bras des fourches se sont disloqués dans le *nouveau grès rouge;* les avancements étaient très-faibles dans ce terrain si dur. On a dû employer des trépans massifs de même calibre, qui étaient plus solides et plus lourds et qui ont produit des effets très-satisfaisants.

Le puits d'extraction a été commencé en employant le même trépan de 1^{m},37 et un trépan de 4^{m},10; mais on a reconnu la nécessité d'employer l'outil de 2^{m},40 comme trépan intermédiaire lorsqu'on a eu à traverser les terrains quartzeux du nouveau grès rouge.

Les dents employées dans les outils sont terminées par une partie conique venant s'engager sous la lame attelée à la fourche ou faisant corps avec le trépan lorsqu'il est massif, et y étant fixé au moyen d'une grosse goupille. Il est nécessaire que dans ces outils les dents travaillent toutes à la fois.

Voici le poids des différents outils employés.

Le petit trépan de 1^{m},37 à fourche, pèse 2000 kilogrammes.

Le petit trépan de 1^{m},37 à massif, pèse 4000 kilogrammes.

Le trépan intermédiaire de 2^{m},40 fourche, pèse 4000 kilogrammes.

Le trépan intermédiaire de 2^{m},40 massif, pèse 8000.

Enfin le grand trépan à fourche de 4^{m},10 de largeur pèse 8000 kilogrammes.

Ce poids a été porté à 10000 kilogrammes par l'addition d'une seconde lame.

Il faudrait employer un trépan de 15,000 kilogrammes pour être dans de bonnes conditions. C'est du moins l'opinion de M. Chaudron.

La levée que l'on donne à ces outils a varié de 15 à 30 centimètres; suivant les terrains que l'on a eu à traverser.

M. Lévy décrit ensuite un nouvel outil imaginé par M. Kind, et qui se trouve à l'Exposition.

Dans ce trépan le porte-dents au lieu de présenter une surface plane à sa base est disposé en gradins, de manière à donner au fond du puits une inclinaison vers le centre.

Au puits de l'Hôpital on est arrivé au même résultat en employant des dents de différentes longueurs.

Les tiges employées dans les fonçages consistaient dans d'énormes pièces de sapin de 15 à 20 mètres de longueur avec des emmanchements en fer n'ayant que 4 centimètres de diamètre ; la tige ne participait pas au choc donné par l'outil, une coulisse étant interposée entre la tige et le trépan.

M. Lévy décrit les appareils servant à la manœuvre des outils.

Chaque puits de fonçage était muni d'un cylindre batteur et d'une machine-cabestan. Un groupe de chaudières alimentait ces appareils, et un appareil alimentaire indispensable desservait le groupe des chaudières.

Le batteur se compose d'un cylindre vertical muni de soupapes de Cornouailles, mues à la main, faisant osciller un grand balancier en bois formé de deux pièces de $0^m,75$ de hauteur sur $0^m,35$ de largeur.

La pièce supérieure est en sapin, et la pièce inférieure en hêtre ; le sapin est mis à la partie supérieure à cause de sa plus grande élasticité.

La machine-cabestan est destinée à descendre et à remonter les outils.

Cette machine d'une force de 25 chevaux doit pouvoir exercer des efforts de 50,000 kilogrammes, équivalant au poids du câble, des tiges, des outils et des engagements d'outils dans le cas d'un accident.

Une tour en maçonnerie a été établie sur l'emplacement du grand puits. Un simple abri en bois et un bâti en charpente ont suffi pour le fonçage du puits d'aérage.

Un chemin de fer placé à 10 mètres au-dessus du sol, permettait d'éloigner les outils de l'orifice du puits aussitôt qu'ils en étaient sortis, pour être visités et réparés, et pour dégager le puits pendant qu'on faisait agir la cuiller à clapets.

Les accidents qui sont survenus pendant le travail n'ont occasionné que des arrêts de courte durée. Trois ou quatre jours ont toujours suffi pour retirer les outils laissés dans le puits, par suite de rupture des emmanchements ou des outils eux-mêmes, *dans les cas les plus compliqués.*

Les outils de sauvetage que l'on a employés sont de trois espèces :

Le crochet de salut, terminé en forme d'épicycloïde très-allongée, pour ramener les pièces dans l'axe du puits et pour saisir les tiges sous un épaulement ;

La fanchère, composée de deux branches dentées, tendant à se rapprocher l'une de l'autre dans l'intérieur d'un manchon conique en fer et entre lesquelles on place un tampon de bois. Ce tampon tient les branches écartées jusqu'au moment où l'objet que l'on veut ramener se trouve saisi, et repousse le tampon pour prendre sa place ;

Enfin, *le grappin* pour retirer les dents des trépans ou tout autre débris. Les matières triturées par les trépans se rassemblaient dans le puits central de 1,37, que l'on poussait toujours en avant et étaient ramenées à la surface par une cuiller à clapets, qu'on descend avec des tiges par l'intermédiaire de la machine-cabestan, et qu'on fait battre pendant dix minutes ou un quart d'heure à la façon des trépans.

Une fois le fonçage terminé, on a procédé à la descente du cuvelage. Le cuvelage est composé d'anneaux en fonte juxtaposés et à faces de joint parfaitement dressées. L'épaisseur de ces anneaux a été calculée au moyen de la formule arrêtée par M. Chaudron :

$$E = 0,2 + \frac{RP}{500}$$

dans laquelle E représente l'épaisseur du cuvelage, R le rayon extérieur du puits en mètres, P la pression à supporter, exprimée en kilogrammes par centimètre carré, et 500 kilogrammes la résistance de la fonte à l'écrasement.

Chaque anneau a été essayé isolément à la presse hydraulique, la pression s'exerçant du dehors en dedans.

Le poids du cuvelage complet a été de 640,000 kilogrammes pour le grand puits, et de 258,000 kilogrammes pour le puits d'aérage; l'épaisseur des anneaux a varié, pour le grand puits, de 60 à 28 millimètres; le poids d'un des anneaux inférieurs ayant 1,50 de hauteur pesait 8,000 kilogrammes.

C'est ce poids énorme que l'on a pu descendre lentement dans le puits au moyen de la disposition suivante.

L'avant-dernier anneau est terminé par une calotte sphérique assemblée sur une nervure de l'anneau, et au centre de laquelle on monte une colonne dite d'équilibre.

Ces anneaux assemblés successivement les uns aux autres, au jour, sont supportés par des tiges, au nombre de six, qui viennent se fixer à un collet à oreilles, portées par la troisième pièce au-dessus de la boîte à mousse par laquelle on débute.

Ces tiges sont manœuvrées à la partie supérieure par des vis mues par des engrenages coniques, et c'est en tournant en même temps les six pignons correspondants que l'on fait descendre le cuvelage verticalement.

Ce cuvelage flotte sur l'eau contenue dans le puits, et c'est en emplissant plus ou moins l'espace compris entre la colonne d'équilibre et les parois du cuvelage que l'on fait descendre le cuvelage.

Le joint se fait au contact de la roche par l'interposition de la boîte à mousse inventée par M. Chaudron.

Le premier anneau, qu'on appelle boîte à mousse, a un collet de 0m.15, extérieur, à la base, destiné à s'appuyer sur le fond du puits, et il reçoit la mousse maintenue, pendant la descente, au moyen d'un filet. L'anneau suivant possède deux collets en sens opposé. Celui du bas, extérieur comme le précédent, vient s'appuyer sur la mousse quand tout ce système est arrivé sur la roche. Celui du haut forme un joint composé de la même façon que tous les autres joints du cuvelage. — Pendant la descente, la boîte à mousse est suspendue au moyen de tirants à la première pièce, lesquels permettent la compression de la mousse.

La mousse qui avait à l'origine 1m.80 de hauteur, n'a plus que 0m.25 d'épaisseur à la suite de la compression.

Tous les autres joints des anneaux se font avec une rondelle de plomb de 3 millimètres d'épaisseur, préparée d'avance, enduite ainsi que les faces du joint d'une peinture au minium et à la céruse.

Lorsque le cuvelage est descendu et assis sur la roche, on procède au bétonnage de toute la partie comprise entre le terrain et le cuvelage.

Le béton employé avait la composition suivante :

1/4 de ciment de Vassy ou de Ropp.

1 de chaux hydraulique, provenant du lias du pays.

1 de sable, recueilli du puits lors de la traversée du grès des voges.

1 trass d'Andernacht, bords du Rhin.

Ce béton est descendu à l'aide de la cuiller à soupape.

On a laissé durcir le béton pendant six semaines; puis on a enlevé l'eau du puits à l'aide du tonneau et de la machine-cabestan. Après avoir vidé le cuvelage on a placé à 2 mètres au-dessous de la boîte à mousse par mesure de précaution, deux trousses

à picoter, en fonte, de $0^m,20$ de hauteur chacune ; puis on a fermé l'espace compris entre le picotage et la boîte à mousse par un cuvelage en fonte composé de panneaux.

M. Lévy donne ensuite le tableau détaillé des éléments servant à établir le prix de revient des deux puits foncés à l'Hôpital.

Nature des dépenses.	Puits d'aérage.	Puits d'extraction.
Frais d'installation.	65,000 fr.	104,000 fr.
Forage des puits.	93,000 fr.	142 000 fr.
Prix du cuvelage et frais de pose.	80,000 fr.	169,000 fr.
Bétonnages.	12,000 fr.	15,000 fr.
Picotage des trousses, et raccord de cuvelage.	6,000 fr.	10,000 fr.
Divers	14,000 fr.	40.000 fr.
Totaux.	270,000 fr.	480,000 fr.

Tels sont les résultats auxquels on est arrivé comme dépense pour foncer des puits à la profondeur de 160 mètres, et qui sont dus aux perfectionnements du procédé de M. Kind, par M. Chaudron [1].

On voit qu'on réalise des économies énormes sur l'ancien procédé et que le succès est certain.

Le temps employé par le fonçage du petit puits a été de 666 jours, celui perdu en chômage a été de 193 jours.

Le grand puits a pu être terminé en 814 jours de travail effectif, il y a eu 80 jours de chômage seulement.

L'avancement moyen a été, pour le petit puits, de 42 centimètres par jour avec le trépan de $1^m,37$, et de 43 centimètres avec le trépan de $2^m,50$.

Il a été pour le deuxième fonçage de $0^m,63$ avec le trépan de $1^m,37$, de $0^m,38$ avec le trépan intermédiaire de $2^m,40$, et de $0^m,30$ avec le trépan de $4^m,40$.

M. le Président demande à M. Lévy, si le cuvelage descend bien régulièrement et verticalement, et si le procédé est applicable dans des terrains peu consistants.

M. Lévy répond qu'à l'aide de la colonne d'équilibre, on peut maintenir un excédant de poids constant de 15 à 20,000 kilogrammes agissant sur le cuvelage, et par conséquent sur les tiges qui le supportent.

En faisant mouvoir tous les écrous à la fois et en commandant bien la manœuvre, le cuvelage descend verticalement et sans secousses. On s'en assure avec le niveau à bulle d'air.

M. Lévy ajoute que dans l'emploi du procédé à niveau plein, l'eau étant maintenue en place, s'oppose en général à des éboulements de la roche, et que, dans le cas d'une certaine fluidité des parois, on peut aisément les garantir contre tout éboulement par la descente de tubes de revêtement, en tôle ou en fonte. Le cas s'est d'ailleurs présenté, et M. Chaudron a pu descendre des tubes semblables sans la moindre difficulté. — Bien plus, avec les procédés ordinaires il serait impossible de [illegible]

1. Tout le monde a vu avec satisfaction accorder à ce beau procédé, lors de la distribution des récompenses de l'Exposition universelle du 1er juillet 1867, un grand prix représenté par une médaille d'or de 1,000 francs et la croix de chevalier de la Légion d'honneur, à M. l'ingénieur des mines, Chaudron ; M. Kind est chevalier de la Légion d'honneur depuis longtemps.

certains puits profonds dans lesquels on rencontrerait des sables ébouleux; tandis qu'avec le système Kind-Chaudron, on peut aisément les traverser.

M. Lévy termine en disant que l'entretien des puits cuvelés par la méthode Kind-Chaudron est nul, tandis qu'avec les procédés ordinaires on est obligé sans cesse de calfater les joints et de boucher des fuites qui se manifestent à tout moment lorsque *le niveau* est chargé.

Il tient aussi à citer M. Chastelain, ingénieur résidant à l'Hôpital, pour la grande part qu'il a prise dans l'exécution des deux puits de l'Hôpital et les excellents services qu'il a rendus.

M. le Président remercie M. Lévy de son intéressante communication et le prie de vouloir bien laisser pour l'insertion dans le *Bulletin*, les dessins nécessaires pour compléter la description des appareils.

Avant de donner la parole à M. Bertrand, M. le président présente quelques explications sur les faits qui se sont produits dans l'étude et dans les essais d'application des compteurs aux voitures de Paris.

L'Administration de la ville de Paris, la Préfecture de police et la Compagnie impériale des voitures ont concerté le programme des conditions que le compteur devait remplir.

On avait en vue : 1° L'intérêt du voyageur, qu'on voulait gratifier d'une réduction de prix en proportionnant le tarif au service rendu, d'un contrôle sur la vitesse de marche et de l'indication du prix à payer;

2° L'intérêt de la police qui voulait obtenir, sur l'emploi de la voiture, des notions qui lui auraient facilité ses recherches des crimes et délits commis soit avec, soit sans la participation des cochers;

3° L'intérêt fiscal de la ville de Paris, qui, percevant un revenu sur les voitures, veut connaître leur produit;

4° L'intérêt de la Compagnie à contrôler son personnel quant aux recettes et au service, et, secondairement, à connaître le travail des chevaux. La Compagnie estimait que le contrôle des recettes ferait rentrer une somme considérable qui lui est enlevée par le mode actuel de rendement et par la fraude.

Les conditions du premier programme arrêté par M. le préfet de police, en 1857, étaient les suivantes :

« 1° Marquer d'une manière apparente, sur un cadran, les heures et les minutes:

2° Reproduire très-nettement sur un cadran, soit intérieur, soit extérieur, auquel le cocher ne pourra toucher, le travail de la journée, tel qu'il est inscrit aujourd'hui sur la feuille de service;

3° Indiquer par un signe visible si la voiture est ou n'est pas retenue;

4° Donner au mécanisme une solidité qui lui permette de résister à tous les mouvements et chocs de la voiture. »

Une première tentative de compteur suivant ce programme a échoué après avoir donné lieu à des pertes considérables.

Le 12 mai 1861, la Compagnie impériale fit insérer au *Moniteur* l'avis d'un concours, par suite duquel un prix de 20,000 francs devait être donné à l'appareil qui, devenant la propriété indiscutable de la Compagnie, remplirait le mieux les conditions suivantes :

« Extérieurement : indication corrélative pour deux cadrans de l'heure vraie et

de la distance kilométrique parcourue. Intérieurement : reproduction exacte et très-visible sur une feuille, disque ou carton, du travail exécuté avec ou sans changement.

« L'appareil indiquera les temps d'arrêt d'une voiture louée, en fonctionnant comme si elle roulait à la vitesse réglementaire de 8 kilomètres à l'heure pour les voitures de place et de 10 kilomètres pour les voitures de régie.

« Un signe extérieur très-apparent sera levé quand la voiture sera libre, une piqûre sur le carton intérieur révélera chacun de ses mouvements. A l'exception de ce signe, toutes les autres indications seront indépendantes de la volonté du cocher.

« Le volume du mécanisme devra permettre de placer celui-ci soit dans le siége du cocher, en face de la voiture, soit à l'intérieur de celle-ci, de façon à pouvoir être éclairé par les lanternes.

« Son coût ne devra pas dépasser 100 francs.

« Le prix de 20,000 francs n'est pas exclusif de l'entreprise d'exécution et d'entretien des appareils, au choix de la Compagnie, mais il ne sera acquis à l'inventeur qu'après une épreuve satisfaisante de six mois de roulement consécutif sans réparation, et sur l'avis conforme de la Préfecture de police, au point de vue de la sûreté générale ; de la Commission de MM. les Ingénieurs, au point de vue de la solidité de l'appareil ; et de la Compagnie, au point de vue du contrôle de ses recettes et du travail de ses chevaux.

« Le concours sera clos le 15 septembre prochain. »

Une commission composée de MM. Victor Bois, Vinnerl et du président actuel de la Société était chargée d'examiner les appareils présentés au concours.

Il résulte des termes mêmes du programme, que le compteur devait être kilométrique, c'est-à-dire que la durée de la location pendant les temps d'arrêt, et pendant les temps de marche lente prescrite par le voyageur, devait se traduire en kilomètres, suivant le chiffre de la vitesse réglementaire.

Le système devait donc se combiner : 1° d'un appareil horaire, indiquant sur un carton-cadran la durée de location et de non-location et la traduisant en kilomètres pendant les heures d'attente ou d'arrêt en location, à raison de 8 kilomètres à l'heure pour les voitures de place et de 10 kilomètres pour les voitures soumises ; 2° d'un appareil kilométrique, mis en mouvement par une des roues de la voiture, indiquant, sur le carton commandé par l'appareil horaire, les kilomètres effectifs parcourus, mais cessant ses indications et laissant ce dernier appareil produire l'indication kilométrique, quand la vitesse de promenade se substituerait, suivant la volonté du voyageur, à la vitesse réglementaire.

Les relations de ces deux appareils devraient être purement automatiques.

Cent quarante-huit inventeurs se présentèrent, neuf seulement furent admis à l'essai. Cinq purent les continuer ; mais après six à dix mois de tentatives, il fut déclaré qu'ils ne remplissaient pas toutes les conditions du programme.

Plusieurs en approchaient et avec un degré remarquable de régularité. Des cartons étaient produits, sur lesquels se lisait l'emploi journalier de la voiture. La lecture de ces cartons, bien que minutieuse, permettait de contrôler la feuille de recette du cocher. On en tirait, en un mot, les indications demandées par l'Autorité et par la Compagnie.

A la suite de ces essais et après la clôture du concours, plusieurs inventeurs perfectionnèrent leur appareil et approchèrent encore plus près du but désiré.

La possibilité de remplir automatiquement les conditions du programme fut ca…

démontrée, et dans la dernière tentative, on atteignit le résultat suivant : L'appareil compteur indiquait, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur, le nombre de kilomètres parcourus, la vitesse de marche, le temps d'occupation de la voiture ; le temps et l'heure de l'arrêt ; le temps, l'heure et la vitesse de marche à vide ; la marche à volonté et l'arrêt avec les particularités suivantes : 1° quand la voiture est occupée réglementairement, l'appareil marque le nombre de kilomètres réellement parcourus pendant que la voiture marche, et un nombre détérminé et uniforme de 8 ou 10 kilomètres quand la voiture est arrêtée ; 2° quand la voiture est occupée avec la marche à volonté, l'appareil marque intérieurement le nombre de kilomètres réellement parcourus et la vitesse de marche, et extérieurement le nombre uniforme de 8 ou 10 kilomètres.

L'appareil indique dans tous les cas, sur le carton de contrôle intérieur, le temps et le mode de l'occupation, la vitesse par espaces de 50 en 50 mètres et le nombre de kilomètres parcourus.

Mais une épreuve attendait l'appareil qui reproduisait ces indications ; c'était celle de la transmission de mouvement d'une des roues de la voiture au compteur. Plusieurs des appareils essayés avaient triomphé de cette difficulté. Elle a cependant été difficilement traversée pour l'appareil définitivement étudié, si tant est qu'elle le soit.

Il est resté de cette tentative : 1° de grands sacrifices d'argent et de temps de la part d'inventeurs qui ont certainement approché du but, sans l'atteindre absolument, et pour la Compagnie des dépenses considérables.

2° La démonstration que la complication du programme nécessite un appareil qui ne peut être simple parce qu'il exige la combinaison des données horaires et kilométriques, et que cette combinaison ne peut être obtenue automatiquement sans des artifices mécaniques, qui font de l'appareil un travail d'horlogerie très-compliqué et dispendieux.

Dans l'opinion personnelle de M. le président, la vérité n'est pas encore faite sur l'utilité d'un tarif exclusivement horaire ou exclusivement kilométrique, ou d'un tarif combiné du temps de location et de la vitesse de marche. Elle n'est pas faite sur l'utilité d'un compteur combinant à la fois les intérêts du voyageur, de la Compagnie, de la Ville et de la Police, au prix de toutes les complications qui en résultent.

Le premier de tous les intérêts dans cette question est le tarif. Pour bien l'établir, il faut savoir ce que peut rendre une voiture et contrôler la recette du cocher. Un compteur limité à cette condition est des plus faciles.

Le principal intérêt du voyageur est ensuite dans la marque indiscutable de la durée de la location et du prix à payer. On comprendrait que l'Administration se fût bornée à demander cela. C'était encore bien facile.

Quant à l'indication de la vitesse de marche qui entraîne la nécessité de l'appareil kilométrique, elle est d'un intérêt limité ; elle devait être laissée à la disposition de la Compagnie.

Toujours est-il que le résultat entrevu a pu se résumer dans ce fait, que moyennant une dépense de 35 à 40 centimes par jour et par voiture, et une première dépense de 250 à 500 francs, il était possible d'obtenir un carton reproduisant le service accompli par la voiture et la recette à laquelle ce service avait dû donner lieu.

MM. Bertrand et Addenet présentent un appareil qui aborde résolûment les dif-

ficultés, fournit au voyageur les indications de vitesse, de durée de location et de somme à payer nécessaires et qui les additionne pour la Compagnie, ce qui suffit à son contrôle; il néglige les données exigées par la préfecture de police. Sa transmission est fondée sur une idée complétement nouvelle; cet appareil mérite donc d'être examiné comme une œuvre mécanique digne du plus vif intérêt.

M. le Président croit devoir signaler les importants travaux exécutés par M. Victor Bois, membre de cette Société dans le cours de la longue et laborieuse enquête, à laquelle les tentatives d'application d'un compteur aux voitures de Paris ont donné lieu.

M. Bertrand explique la réglementation adoptée dans le compteur qu'il présente : la voiture doit marcher à une vitesse normale de 8 kilomètres à l'heure; mais, en réalité, il peut se présenter trois cas en ce qui concerne la vitesse fournie :

1° *Vitesse normale de* 8 *kilomètres à l'heure.* La voiture donne ce qu'elle doit, le voyageur paye le temps;

2° *Vitesse supérieure à* 8 *kilomètres.* La voiture donne plus qu'elle ne doit; le voyageur paye, en outre du temps écoulé, le temps économisé; la distance parcourue devient la base du tarif;

3° *Vitesse inférieure à* 8 *kilomètres.* Cette circonstance ne se produit que par force majeure ou volonté du voyageur; la voiture donne ce qu'elle peut donner ou ce qu'on lui demande, le voyageur paye le temps.

Cette réglementation proportionne le salaire au travail réel, et laisse toute l'autorité au voyageur en ce qui concerne les stationnements, la vitesse et la direction.

Mais la voiture, en dehors du temps réel de la location, fournit un certain travail toujours le même, celui correspondant au dérangement et au retour à vide. Ce travail, toujours le même, quelle que soit la durée de la location, doit donner lieu à une indemnité toujours la même, qualifiée avance fixe. Cette avance, due par le voyageur au moment où il prend la voiture, est évaluée à 0f50 dans l'appareil présenté; le prix de l'heure est, en outre, fixé à 1f50, et c'est ainsi que sont réalisées les conditions du tarif actuel.

Le compteur se compose de deux horloges : l'une chronométrique, qui donne le temps vrai; l'autre, kilométrique, qui donne l'espace parcouru en temps à raison de 8,000 mètres pour une heure, et qui est mise en mouvement par la transmission.

Ces deux horloges, sans perdre leur indépendance, agissent toutes deux sur un treuil disposé de manière à traduire toujours le mouvement prédominant; ce treuil détermine périodiquement la détente d'un rouage qui fait apparaître au dehors la somme à percevoir, par à coups successifs de 0f10.

La transmission qui traduit au compteur le mouvement de la roue consiste en un fil inextensible fonctionnant dans une gaîne flexible. Ce fil prend un mouvement de va-et-vient par un excentrique placé sur le moyen de l'une des roues, et transmet intégralement ce mouvement à un levier dont chaque demi-oscillation produit le passage d'une dent d'un rochet qui constitue le premier organe de l'horloge kilométrique. Avec cette disposition, le fil peut varier de longueur, et le levier enregistre néanmoins d'une manière inévitable chaque tour de roue de la voiture.

Un signe placé à l'extérieur de la voiture montre si la voiture est louée ou libre.

Lorsque la voiture est louée, et l'indication produite, le voyageur voit devant lui, à titre de renseignements, les cadrans des deux horloges et la somme à payer. Cette somme, partant de 0f50, s'accroît par à coups de 0f10 proportionnellement au travail réel de la voiture.

Lorsque la voiture devient libre, le voyageur règle son compte; le cocher produit l'indication libre; la somme à payer revient automatiquement à 0f50, et elle y reste pendant tout le temps que la voiture est indiquée libre, car, dans cette période, le travail ne se traduit plus en argent.

L'entrepreneur trouve dans l'intérieur du compteur, sur des cadrans spéciaux, les éléments nécessaires pour contrôler la recette et la gestion du cocher.

1° Pour la période de voiture louée, il trouve sur un premier cadran le nombre des voyageurs et le montant correspondant des avances fixes; sur un deuxième cadran, le montant de toutes les sommes perçues pour le travail réel des locations proprement dites. La recette est donc parfaitement caractérisée.

2° Pour la période de voiture libre, l'entrepreneur trouve, sur deux cadrans spéciaux, le temps et l'espace qui correspondent à cette période. Or, l'expérience a déterminé pour le retour à vide un parcours moyen de 500 mètres : l'entrepreneur, qui connaît d'ailleurs le nombre de ces retours égal à celui des voyageurs, a donc tous les éléments dont il a besoin pour contrôler la gestion du cocher.

M. le Président fait remarquer que MM. Bertrand et Addenet ont su éliminer dans la solution qu'ils présentent ce qui compliquait le problème. Ainsi l'ancien programme exigeait que les heures auxquelles la voiture était prise et abandonnée fussent marquées sur un carton, pour fournir des éléments certains dans les recherches du service de sûreté : les renseignements fournis par les cochers sur leurs feuilles sont suspectés parce que les cochers ont intérêt à dénaturer leurs feuilles pour dissimuler leurs recettes; mais avec ce nouvel appareil la recette étant invariablement enregistrée pendant chaque location, la feuille sera tenue exactement, le cocher n'aura plus d'intérêt à la dénaturer, il s'exposerait même en cas d'erreur à une contravention sans profit.

M. le Président montre quelques cartons employés dans les anciens compteurs, et fait remarquer que les difficultés de leur lecture nécessiteraient un quart d'heure pour le dépouillement de chacun d'eux. Il ajoute que la détérioration des transmissions rigides a été l'un des principaux obstacles : il croit que la gaine flexible mais inextensible, employée dans le nouvel appareil, constitue un principe nouveau et intéressant.

M. Maldant demande s'il ne peut pas y avoir fraude, lorsque la voiture ne revient pas en station avant d'être prise par un autre voyageur et que le cocher n'a pas levé le pavillon qui indique la voiture libre.

M. Lencauchez fait observer que si l'on a un cheval qui ne marche pas ou si l'on prend un mauvais chemin, la vitesse pourrait être inférieure à 8 kilomètres, et que dans ce cas la voiture se payerait à l'heure.

M. Lejeune trouve l'appareil très-intéressant, mais il le considère comme un appareil de précision soumis à des chocs continuels, qui peuvent nuire à la bonne marche de l'instrument; M. Lejeune demande si l'appareil a été expérimenté.

M. Dallot trouve qu'avec cette réglementation le cocher peut prétexter des embarras et ainsi molester le voyageur. Il demande si l'avance fixe est nécessaire.

M. Yvan Flachat demande le prix de l'appareil, il craint que le prix ne soit un obstacle à la généralisation d'un instrument de ce genre.

M. le Président dit que l'avance fixe est indispensable pour éviter les abus, et pour permettre les petites courses qui, dans la réglementation actuelle ont dû être supprimées; on sait, en effet, que le tarif de quart d'heure a été très-onéreux pour la Compagnie impériale.

M. Bertrand répond ensuite aux diverses observations présentées.

En ce qui concerne le cas signalé par M. Maldant, la fraude est impossible : la somme à payer ne revient à l'origine que par la production du signe libre ; et le voyageur qui continuerait une location commencée prendrait à sa charge le montant de la location précédente.

En réponse aux observations de MM. Lencauchez et Dallot, M. Bertrand dit qu'avec l'emploi du compteur, le voyageur, pouvant à chaque instant contrôler la marche de la voiture, est en droit de refuser la gratification habituelle au cocher qui a mal servi, et en outre de porter plainte si la vitesse fournie lui semble rester systématiquement au-dessous de la vitesse réglementaire. Dans l'état actuel des choses on n'a aucun élément pour apprécier le service rendu.

En ce qui concerne l'observation de M. Lejeune, M. Bertrand établit que le compteur présenté n'est pas un appareil de précision. Les mécanismes dont il se compose se trouvent dans le commerce ou peuvent être exécutés à peu de frais. C'est ainsi que les horloges chronométrique et kilométrique, la détente qui produit l'indication de la somme à payer, enfin les compteurs spéciaux, sont des mouvements ordinaires de la maison Japy ; d'ailleurs, le treuil et les cadratures secondaires, bien qu'exigeant une construction spéciale, rentrent dans les conditions de la fabrication la plus courante. Bien que le compteur n'ait pas encore été mis à l'essai, les instruments analogues déjà expérimentés ont fonctionné avec une régularité suffisante. On peut donc admettre que les chocs résultant du roulement de la voiture ne peuvent nuire en rien à la solidité de l'appareil.

M. Bertrand ajoute que l'on a reproché souvent à ces appareils d'exiger l'emploi d'une horloge parfaitement réglée ; cette objection n'a pas d'importance : car en admettant, au contraire, l'emploi d'une très-mauvaise horloge qui varierait d'une demi-heure par jour, la variation résultant pour chaque location n'excéderait pas une ou deux minutes.

Quant au prix de revient de l'appareil, une fabrique d'horlogerie à Saint-Nicolas aurait indiqué le chiffre de 200 francs comme un maximum qui ne serait probablement pas atteint.

M. Bertrand ajoute qu'en ce qui concerne l'observation de M. Dallot, le voyageur est absolument maître de la voiture, il peut donc faire changer de route si un embarras important se présente.

M. Addenet, après avoir présenté un résumé de la discussion précédente, fait remarquer que la réglementation proposée est rationnelle, attendu que si le voyageur demande à aller vite, l'entrepreneur n'hésitera pas à accélérer l'allure s'il y a possibilité : en effet, l'entrepreneur est intéressé à marcher vite puisqu'il gagne à multiplier le nombre des avances et à dépasser la vitesse normale. Dans les conditions actuelles la vitesse normale de 8 kilomètres à l'heure serait peut-être trop élevée : si on la réduit, l'entrepreneur aura plus de facilité à fournir la vitesse supérieure, par suite à augmenter le bénéfice qu'il a, lorsqu'il satisfait le voyageur qui veut aller vite.

M. Addenet ajoute que le compteur est complétement à l'abri des chocs provenant de la transmission : en effet, la première roue de l'horloge kilométrique, conduite par une vis, avance mécaniquement d'une dent, soit de 1 millimètre seulement pour 20 tours de roue de la voiture, en conséquence pour 20 mouvements de la transmission.

M. le Président revient sur l'objection de M. Lejeune, relative à la fragilité du système de construction d'un appareil d'horlogerie ainsi compliqué d'un mouvement chronométrique et d'un mouvement kilométrique. Cette objection est grave puisqu'elle est générale, mais elle ne semble pas fondée. Les compteurs de ce genre sont composés de deux fortes plaques solidement entretoisées, entre lesquelles sont montés tous les organes mécaniques composés de pièces si légères qu'elles ne prennent dans les secousses, qu'une quantité de mouvement presque nulle. C'est ce principe de montage qui préserve les montres. On a voulu comparer les compteurs des voitures de place avec ceux des omnibus. Cette comparaison porte à faux. Le principe du montage des deux compteurs, entre deux plaques solidement entretoisées, est le même, mais leur construction est très-différente. Dans le compteur des omnibus un échappement fait battre un timbre par un marteau, et fait passer un chiffre. L'échappement est brusque pour le marteau ; le passage du chiffre est régulier, mais l'échappement est simultané pour les deux effets. Il faut qu'il le soit. Si la déformation ou l'usure des dents de la roue d'échappement permettait de faire fonctionner le marteau du timbre sans faire passer le chiffre, la fraude serait facile. Il suffirait pour cela d'arrêter la course de la manette avant de faire échapper le chiffre. Dans le compteur des omnibus, la manette, mue par le conducteur opère, au retour, un travail, celui de la tension des ressorts qui se sont détendus par l'échappement. Il faut que ce travail soit régulièrement distribué, que l'allongement résultant pour les bandes d'acier des ressorts, de la courbure que la tension leur donne, soit très-faible afin d'assurer leur durée par la conservation de leur élasticité; il faut aussi que les cames d'échappement soient d'une extrême dureté pour que la vivacité et la simultanéité des mouvements d'échappement soit la plus grande possible. Ce sont ces conditions qui expliquent pourquoi les compteurs des omnibus sont construits si solidement. Les horlogers les considèrent comme des œuvres barbares parce qu'ils n'ont pas été à même d'en étudier le principe. Ce serait tomber dans la même erreur qu'eux que de critiquer l'application du mécanisme d'horlogerie au compteur des voitures auxquels leur principe donne leur raison d'être.

M. le Président remercie MM. Bertrand et Addenet de leur communication. Elle s'applique à un intérêt incontestable et aussi urgent que général. Les voitures de place constituent un service public; la liberté qui leur a été donnée a eu pour conséquence l'accroissement du tarif. Le monopole a changé de place : il est dans un tarif élevé imposé au public au lieu d'être dans l'usage exclusif d'un tarif bas; il est aussi dans l'abus qui est fait par les cochers, de la portion du public peu familiarisée avec les moyens de constater ou de compter ce qui est dû.

Un perfectionnement qui ferait connaître le rendement réel des voitures amènera-t-il la baisse du tarif qui, seule justifierait l'affranchissement complet de cette industrie, ou bien faudra-t-il revenir à l'ancienne organisation si tant est que dans les conditions où elle est placée et en face des exigences que ses services imposent, cet affranchissement soit impossible ?

Séance du 20 Août 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 9 août est adopté.

M. le Président annonce à la Société que MM. Delaunay, Le Brun (Raymond) et Rey ont été nommés chevaliers de l'ordre d'Isabelle la Catholique.

M. le Président invite M. Arson à présenter les observations qu'il a faites à l'Exposition sur les matières, engins et appareils qui ont trait à la fabrication du gaz ainsi qu'à son emploi.

M. Arson expose en premier lieu ce qui a trait à la production, ensuite il examine les appareils d'émission, enfin les appareils de consommation.

En ce qui concerne la production, rien dans les objets exposés ne mérite une mention spéciale. Il constate à cette occasion que la fabrication des produits réfractaires est parvenue à une assez grande perfection. On fabrique aujourd'hui, en mêlant à la terre franche 50 pour 100 de ciment des pièces très-grandes, des cornues notamment qui sont d'une très-grande solidité. On peut les sortir du four et les y remettre deux et jusqu'à trois fois, et les faire durer ainsi plusieurs années. On a de fréquents exemples de longues durées pour la partie plongée dans le four.

Mais un inconvénient qui subsiste et qu'on n'a encore pu faire disparaître, c'est la rupture qui se produit toujours près de l'embouchure entre la partie qui est hors du fourneau et celle qui est dans le feu. Ce fait s'explique très-nettement par les conditions très-différentes de température dans lesquelles se trouvent placées ces deux parties de la cornue; mais la partie qui reste dans le feu résiste très-bien aux changements brusques résultant des charges répétées 6 fois en 24 heures, et peut supporter en outre 2 et 3 mises hors feu.

D'ailleurs, à part quelques carreaux de grandes dimensions, très-plans et d'une assez faible épaisseur, qui dénotent une fabrication très-soignée, mais peut-être exceptionnelle, les produits exposés ne présentent rien de particulier.

La partie la plus intéressante des appareils d'émission, parce qu'elle laisse le plus à désirer, est la canalisation. L'imperfection plus ou moins grande de tous les joints connus donne lieu à des fuites qui atteignent jusqu'à 15 pour 100 avec les tuyaux en fonte ordinaires. M. Arson a remarqué avec intérêt un spécimen de tuyau en fer de 6^{m},10 de longueur, 0^{m},70 de diamètre et 9 millimètres d'épaisseur exposé par la maison Vander Elst de Braine le Comte.

Ce tuyau est extrêmement droit, d'un diamètre et d'une épaisseur très-réguliers mais il faut se demander si ce n'est pas là un tour de force : il est à craindre que dans la pratique on soit encore bien loin d'atteindre en fabrication courante le résultat indiqué par le spécimen.

Les avantages qu'il présenterait sont évidents. Diminution des pertes proportionnelle à la diminution du nombre des joints, réduction dans les frais d'établissement.

M. Chameroy fabrique couramment des tuyaux en tôle bitumée de 4 mètres de

longueur et il a ainsi réalisé sur les tuyaux en fonte ordinaires, qui n'ont que $2^m,50$, un avantage marqué ; tant il est vrai que le nombre et la qualité des joints ont bien plus d'influence sur la qualité d'une conduite que la matière qui la compose.

L'Exposition n'apporte, croit M. Arson, aucun spécimen nouveau au contingent des joints essayés ou connus jusqu'à ce jour, mais en raison de l'importance que M. Arson attache à leur confection, il faut un examen critique des quelques systèmes les plus en usage et des essais les plus intéressants.

Une conduite étant toujours posée à la température de l'air ambiant, quand on la recouvre de terre elle se refroidit, et sur une grande longueur l'influence de ce raccourcissement est très-sensible. Il faudrait donc que les joints fussent disposés de manière que leur étanchéité ne soit pas modifiée par les changements de longueur des tuyaux, et jusqu'à présent M. Arson ne connaît dans les dispositifs usités que le joint Chameroy qui remplisse assez bien cette condition.

Dans le joint ordinaire au plomb des tuyaux à emboîtement, le plomb coulé n'adhère pas à la fonte, il ne fait pas joint : on n'obtient l'étanchéité que par le matage ; or, le matage n'agit pas loin, le plomb obéit au matoir mais la partie frappée seule se resserre et on n'a qu'une petite étendue de plomb véritablement adhérent. Il est facile de concevoir que ce contact soit détruit par le plus petit mouvement dû au tassement des terres ou à leur variation de température. Aussi a-t-on remarqué que des conduites posées le matin, découvertes le soir, ne présentaient plus de joints parfaits.

La Compagnie Parisienne a pris en 1862 un brevet pour un joint spécial, dans lequel l'herméticité était produite avec de fortes tresses de chanvre suiffées ou par du caoutchouc. Ces tresses ou rondelles étaient comprimées dans une sorte de stuffing-box, de telle sorte que les tuyaux pouvaient glisser l'un dans l'autre. Un essai fait a donné de bons résultats; mais il n'a été suivi d'aucune application, bien que la compagnie ait, dès l'origine, laissé tomber son brevet dans le domaine public. Il faut en attribuer la cause, pense M. Arson, à ce que les fonderies ne produisent pas ce joint et ne rendent pas ce système pratique et expérimenté.

Le joint Marigny, dit joint universel, a emprunté à la disposition précédente l'idée du stuffing-box ; mais en ajoutant un cordon saillant à l'extrémité du bout mâle. Ce cordon empêche les tuyaux de glisser l'un dans l'autre et s'il donne un joint plus hermétique et plus résistant que le plomb, il ne résiste pas suffisamment aux changements de longueur qui résultent des variations de la température.

Le joint Chameroy présente une grande supériorité sur les joints usités, comme simplicité d'exécution et comme qualité.

Les tuyaux, en tôle très-mince, sont, à une de leurs extrémités, légèrement évasés, de manière à produire comme une sorte d'emboîtement, à l'intérieur duquel on place une bague métallique fondue et adhérente.

Une bague semblable est fondue et fixée à l'extérieur de l'autre extrémité; deux sillons circulaires sont creusés sur les surfaces apparentes de ces bagues, dont les diamètres sont d'ailleurs réglés avec une grande exactitude.

Pour faire le joint, on emmanche les deux tuyaux l'un dans l'autre, après avoir enroulé sur le bout mâle deux torons de corde lâche enduite de suif ou de tout autre matière grasse, à l'exclusion du minium ou de la céruse.

Le joint ainsi fait est parfaitement étanche, et on conçoit que les petits mouvements, dus à la température, n'en modifient pas assez les conditions pour le détruire. — Il est du reste bien évident que, dans ce système, la bonté du joint ne tient en

aucune façon à la nature du tuyau, qui est en tôle extrêmement mince et sans résistance sérieuse; mais bien à la constitution du joint en lui-même.

La Compagnie Parisienne adopte maintenant, d'une manière générale, le tuyau Chameroy, et elle est arrivée à réduire ses pertes dans une grande proportion, au profit de tous.

M. Arson pense que l'étanchéité de joint pourrait être appliquée à la fonte, ce qui ramènerait la faveur sur les tuyaux de ce genre, bien préférables d'ailleurs à ceux en tôle, et comme solidité et comme durée.

Abordant ensuite l'examen des appareils de consommation, M. Arson dit que l'Exposition n'offre, non plus, rien de neuf en ce qui concerne l'éclairage; mais il a remarqué une nouvelle machine à gaz prussienne d'un système très-original, et qui mérite examen, à cause des résultats qu'elle produit.

M. Arson croit, sans pouvoir l'affirmer, que la machine Hugon, dans toutes les applications et tous les essais faits, a toujours consommé plus de 3 mètres cubes de gaz par force de cheval et par heure.

Dans trois expériences, M. Arson a constaté, pour une machine Lenoir, des consommations de 2^{m},65, 2^{m},80 et 2^{m},81 par cheval et par heure.

La nouvelle machine prussienne produit le même travail avec une consommation de 1^{m},15.

Elle se compose d'un cylindre ouvert, à sa partie supérieure, dans laquelle se meut le piston. — Celui-ci reçoit au bas du cylindre une impulsion vive, par l'explosion du gaz, et est lancé, à la manière d'un boulet de canon, dans le cylindre, où rien ne l'arrête. Pendant sa course ascensionnelle, le gaz qui l'a lancé se refroidit, et comme d'ailleurs il a augmenté de volume par le fait de la marche du piston, il se produit un vide partiel qui le rappelle vers le fond du cylindre.

La machine est disposée de manière à n'utiliser pour le travail que la descente du piston. — A cet effet il est muni d'une crémaillère qui agit sur un engrenage. Dans le sens de la montée, l'engrenage est fort; il ne l'est plus dans la descente, et, par suite, il entraîne l'arbre.

La manière dont le mouvement est recueilli sur l'arbre est également original; M. Arson le trouve trop compliqué; il croit possible de le simplifier.

Telle qu'elle est, cette machine présente le grand intérêt de montrer qu'on peut tirer du gaz un produit bien supérieur à celui qu'on avait constaté jusqu'à ce jour dans les machines françaises. Une autre remarque à faire, c'est que, dans ces dernières, il y a beaucoup de chaleur perdue, il faut employer une grande quantité d'eau pour refroidir le cylindre; ce n'est pas nécessaire avec la machine prussienne: l'espace engendré par le piston est très-grand et la chaleur n'apparaît pas.

Outre l'avantage pratique qui en résulte, on conclut que la machine prussienne utilise mieux la chaleur du gaz; la transformation des calories en dynamies est plus complète.

La machine prussienne ouvre donc une nouvelle voie à l'emploi du gaz, puisqu'elle montre que le calorique qu'il contient peut être utilisé en presque totalité.

M. Arson, revenant ensuite à la question de l'éclairage, mentionne les compteurs qui sont l'objet de soins tout spéciaux dans quelques maisons qui font sortir cette construction du domaine purement commercial, en y apportant le concours d'une pratique éclairée et intelligente; toutefois, les appareils de ce genre, admis à l'Exposition, ne présentent aucune disposition nouvelle méritant une mention spéciale.

M. le Président fait la remarque que la machine prussienne est atmosphérique

puisque le piston ne transmet pas de travail dans son ascension, que le cylindre est ouvert à la partie supérieure, et que, par suite, le piston ne peut redescendre que quand la pression est inférieure à celle de l'atmosphère. — Il demande à M. Arson s'il la croit pratique.

M. Arson ne croit pas la machine pratique à cause de la brutalité de son action et de sa construction compliquée et défectueuse; mais elle offre un grand intérêt en ce qu'elle utilise mieux le gaz que les machines connues.

M. le Président demande si, dans la machine prussienne, l'explosion est de la même nature que dans les machines Lenoir et Hugon.

M. Arson n'y voit pas de différence. L'inflammation y est produite, comme dans les machines Hugon, à l'aide d'un bec de gaz qui consomme à peu près la valeur de deux becs-bougies ordinaires. — C'est une fraction importante de la consommation totale, environ 15 p. 100. — Dans les machines Lenoir on produit l'inflammation par la pile; mais c'est aussi un moyen coûteux. — Néanmoins, M. Arson ne croit pas, pour cela, qu'il faille renoncer à l'électricité; seulement il faudrait la produire autrement, soit au moyen d'une petite machine rotative, mue par la machine elle-même : la petite quantité de force consommée ainsi représenterait sans doute moins de gaz que celui qu'on brûle à l'aide du bec.

En ce qui concerne la quantité de gaz nécessaire pour produire le mélange détonnant, M. Arson indique les limites de 5 à 10, en dehors desquelles l'explosion ne se produit pas.

M. le Président demande si la machine prussienne a une marche régulière, quelle que soit la quantité de gaz consommé. Il a remarqué que dans les machines françaises la vitesse s'accroissait à mesure que le gaz entrait en plus grande proportion dans le mélange et que l'intensité de l'explosion s'accroissait aussi; qu'ainsi, avec une plus grande quantité de gaz, l'explosion devient plus longue et qu'il se développe plus de chaleur. Il arrive même que les particules solides contenues dans l'huile se brûlent et que les pistons broutent.

M. Arson répond qu'il n'a pas fait d'observation directe sur la machine prussienne, mais que, dans les autres machines, quoique le nombre de coups de piston restât à peu près le même, il fallait, pour avoir une bonne marche, conserver la proportion de 6 à 6 1/2 p. 100 de gaz; au delà le caractère explosif est plus prononcé, la marche devient dure, et il faut régler l'ouverture des robinets.

Dans la machine prussienne, la proportion trouvée la meilleure a été également de 6 à 6 1/2.

M. le Président demande si l'usage des machines à gaz se développe dans Paris.

M. Arson dit que, pour les travaux intermittents et de peu de durée, tels que l'élévation des matériaux dans la construction du bâtiment, leur emploi est devenu très-fréquent.

M. le Président croit que ces machines sont, malgré leur construction trop frêle, susceptibles d'un bon service, et il cite à l'appui de son opinion celles établies au Grand-Hôtel, pour élever l'eau qui alimente les turbines des appareils à monter les voyageurs et les bagages aux étages supérieurs; ces machines fonctionnent depuis plusieurs années d'une manière satisfaisante, et il vient d'en être établi de semblables à l'Hôtel du Louvre, dans le même but. C'est sans doute à leur grande consommation qu'on doit de ne pas en voir l'usage se répandre davantage.

M. Arson trouve que dans la comparaison des machines à gaz avec les machines à

vapeur on ne tient pas suffisamment compte des dépenses d'entretien de la chaudière et de ses accessoires. — M. Arson a cherché à se rendre compte de la valeur de cet entretien pour toutes les machines de la Compagnie Parisienne; et il a trouvé qu'en moyenne il représentait une dépense égale à celle du combustible.

M. le Président répond que la différence n'est pas constante; l'entretien pour les petites machines est plus coûteux que pour les grandes, parce que la dépense du chauffeur-mécanicien reste la même jusqu'à une certaine limite.

Revenant ensuite à la question des joints de tuyaux, M. le président fait observer qu'on pourrait appliquer aux conduits le joint à lentille, employé avec beaucoup de succès dans les machines marines, construites par la maison Penn, et dont un spécimen est à l'Exposition. On remarque en effet, dans ce système, que la dilatation peut atteindre jusqu'à un centimètre sur quatre mètres, sans que le joint reçoive aucun effort.

M. Petitgand fait observer, à propos de la composition indiquée par M. Arson pour la fabrication des cornues à gaz, que la proportion de 50 p. 100 de ciment lui paraît faible. — Il est important alors de savoir si la terre qu'on emploie est siliceuse.

M. Arson répond qu'en effet on se sert de la terre de Montereau, qui est siliceuse.

M. Petitgand demande ensuite si pour faire disparaître l'inconvénient de la rupture des cornues près de la tête, on n'a pas essayé d'employer une composition différente pour cette partie de la cornue. Il pense qu'en diminuant la proportion de ciment et en faisant cuire plus longtemps on arriverait peut-être à diminuer beaucoup le nombre des ruptures, sinon à les faire disparaître entièrement.

M. Courtépée, à l'appui de cette opinion, dit qu'il a vu des plaques réfractaires fabriquées dans des conditions telles qu'on pouvait impunément les plonger dans l'eau à la température blanche.

M. Arson n'a rien vu sous ce rapport qui soit ni inférieur, ni supérieur à ce que fait la Compagnie Parisienne. On fabrique partout d'excellentes cornues, quant à la partie du fond.

Quelquefois, les produits laissent à désirer sous le rapport de l'aspect, comme chez M. Bousquer, à Lyon. — Les cornues fabriquées par cet industriel sont, en effet, blanches, à grain grossier et friables; mais elles sont d'aussi bonne qualité que celles de la Compagnie Parisienne.

M. le Président fait remarquer à M. Arson qu'il n'a rien dit des becs à gaz, et lui demande s'il n'en a vu aucun de remarquable à l'Exposition.

M. Arson n'a rien vu qui lui paraisse mériter d'être cité. Il dit à ce propos que pour obtenir du gaz la plus grande somme de lumière possible, il faut le brûler dans un bec ayant des ouvertures assez larges et à une pression aussi faible que possible : trois millimètres suffisent. — Dans ces conditions, la vitesse est faible, et toutes les transformations ont le temps de se produire. Le gaz se décompose en sortant du bec sous l'influence de la chaleur qui l'environne, le carbone devient libre, se solidifie, s'échauffe au blanc en se combinant à l'oxygène de l'air, et produit la lumière par son rayonnement. Si, au contraire, on brûle avec une forte pression, le gaz sort avec vitesse, l'air ambiant est entraîné dans la flamme, et l'hydrogène carboné est brûlé avant d'avoir pu se décomposer par la chaleur et avant d'avoir abandonné le carbone à l'état solide.

M. le Président a remarqué que depuis quelques années le coke de gaz était devenu meilleur; il demande à M. Arson à quelle cause est due cette amélioration.

M. Arson a constaté le fait, comme M. Flachat; mais il ne trouve aucune cause dans la fabrication qui ait pu amener ce résultat. Il pense qu'on peut l'attribuer à la meilleure qualité du charbon employé.

M. Dallot demande si les fours à coke n'auraient pas contribué à cette amélioration.

M. Arson admet que les fours produisent de meilleur coke que les cornues, et il y a à cela plusieurs raisons : — La charge en grande épaisseur, la distillation lente marchant graduellement de bas en haut, — enfin la précaution qu'on prend de recouvrir la charge du four d'une couche d'environ 10 centimètres carrés de coke pulvérisé, afin d'éviter le bouillonnement de la surface qui boursoufle le coke, et produit une certaine quantité de coke caverneux plus léger que le reste de la masse.

M. Arson développe à cette occasion quelques observations qu'il a faites sur la distillation de la houille en général. Cette distillation s'effectue dans des conditions toujours semblables, quel que soit le procédé employé. — Jusqu'à la température de 350°, il ne se produit aucun changement apparent réel, la composition n'a pas varié plus que la constitution physique. — De 350 à 400°, la distillation s'opère complétement ; au delà il ne se fait plus que des décompositions partielles du gaz, qui changent la nature des produits, sans augmenter la quantité. Pour obtenir le maximum de gaz, il conviendrait donc d'opérer toujours de 350 à 400°, en marchant lentement; mais si on ne procède pas ainsi dans la fabrication du gaz, c'est que, d'une part, on serait conduit à donner aux appareils de distillation des développements qui ne seraient pas en rapport avec l'excédant de produit obtenu, et, d'autre part, c'est que, sur la fin de l'opération, il convient de développer un excès de chaleur pour que la charge froide qu'on fait succéder à la charge épuisée ne refroidisse pas complétement la cornue et que la nouvelle distillation puisse commencer de suite.

Dans les fours à coke, la température ne s'élève pas immédiatement dans toute la masse, elle marche de bas en haut progressivement, et la distillation marche de même, les dernières couches restant pour ainsi dire intactes jusqu'au dernier moment.

M. Arson rend compte des expériences à la suite desquelles il a reconnu les faits qu'il vient d'indiquer. — Il avait réparti dans la motte d'un four à briques de petits creusets brusqués, assez petits pour être bien sûr qu'ils avaient toujours, au moment où on les observait, la température du milieu ambiant. — La chaleur gagnant successivement et lentement les diverses parties de la motte, on avait toute facilité d'observation.

Les creusets retirés avant 350° montraient bien la houille intacte, tandis qu'au delà de 400° elle ne donnait plus à l'analyse que des traces d'hydrogène.

M. Maldant confirme l'opinion de M. Arson, en ce qui concerne l'utilité d'une vitesse de gaz *très-réduite* à la sortie des becs, pour obtenir la meilleure utilisation du gaz comme consommation et pouvoir éclairant.

Il ajoute que c'est cette pensée qui a donné naissance à un appareil très-utile, connu dans l'industrie du gaz sous le nom de *Régulateur* de consommation. Il demande à M. Arson s'il a remarqué à l'Exposition des régulateurs qui méritent de fixer l'attention, et dont les résultats économiques aient été sérieusement constatés.

M. Arson dit que la Compagnie fait usage d'appareils d'une construction très-simple, et qui pratiquement donnent des résultats très-satisfaisants.— La Compagnie ne se trouve pas placée dans les mêmes conditions qu'un particulier. A celui-ci il faut une pression constante, celle dont il a besoin pour brûler son gaz dans les meilleures conditions possibles. La Compagnie doit, au contraire, faire varier la pression suivant les besoins de la consommation, qui varie elle-même l'été et l'hiver, le dimanche et les jours de la semaine. Il y a même des jours exceptionnels, les fêtes publiques, par exemple, qui exigent un régime spécial. — Enfin, la pression varie, dans la même usine, suivant le rôle qu'elle est appelée à jouer dans l'ensemble de la distribution : si une usine produit moins un jour que l'autre, il faut que ce jour-là les autres fournissent davantage : un régulateur automatique ne peut pas répondre à des besoins aussi variables. Ceux dont se sert la Compagnie se composent simplement d'une cloche dont on fait varier le poids suivant la pression du moment. Le gaz arrive dans cette cloche en traversant une ouverture dans laquelle se meut une soupape en forme de cône très-allongé : si la pression du gaz est trop forte, la cloche se soulève, elle entraîne le cône qui obstrue davantage l'orifice d'introduction, et la pression baisse dans la cloche ; le mouvement inverse se produit quand la pression diminue avant le régulateur.

M. Giroud a imaginé un appareil basé sur un principe plus rationnel : il prend la pression sur le lieu de consommation même et lui fait régler l'émission par une conduite de retour qui vient jusqu'au régulateur. Mais on aperçoit de suite que cet appareil n'est pas applicable à une usine qui a de longs parcours de conduite : d'abord il exige une double canalisation coûteuse ; ensuite la pression sur le lieu de consommation étant très-faible, les fuites qu'on rencontre sur la conduite de retour font que le gaz arrive près du régulateur après avoir perdu tout ou partie de sa pression.

Il a remédié à cet inconvénient par un système électrique qui règle automatiquement l'ouverture d'émission. Mais M. Arson croit que l'application au service des usines de la Compagnie Parisienne n'en est pas opportune, et à cause de la variabilité du point où se révèle le besoin et à cause du nombre des usines qui doivent y pourvoir.

M. Dallot demande à M. Arson son opinion sur la valeur du joint Delperdange, fait au moyen d'un manchon de caoutchouc, extérieur aux deux tuyaux.

M. Arson dit que c'est un joint mal conçu ; le caoutchouc peut être bon s'il n'est pas en contact avec du gaz incessamment renouvelé. Mais ce n'est pas le cas dans le système en question. Les tuyaux n'ont pas souvent le même diamètre, ils ne sont pas, en général, parfaitement circulaires. Ces causes font que dans le joint Delperdange le caoutchouc peut être soumis à des conditions d'extension auxquelles il ne pourra pas satisfaire.

M. Dallot répond qu'il a cependant établi la distribution d'eau de Valenciennes avec des joints de ce système, et qu'il a obtenu une étanchéité parfaite. Il est vrai qu'il avait pris le parti de faire tourner tous les tuyaux.

M. Arson comprend qu'on ait pu réussir par ce moyen, mais il le trouve très-dispendieux et il ne lui paraît pas pratique.

M. le Président remercie M. Arson des développements pleins d'intérêt qu'il a bien voulu donner à sa communication, en répondant libéralement aux questions qui lui ont été faites.

Séance du 6 Septembre 1867.

Présidence de M. FLACHAT.

Le procès-verbal de la séance du 16 août est adopté.

M. le Président annonce que MM. Caillet et Lefèvre (Edmond) viennent d'être nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

M. Mallet donne communication de sa note sur les différents systèmes employés pour la mise à sec des navires[1].

M. Mallet fait ressortir d'abord l'intérêt que présente la question, par suite de l'adoption générale des coques en fer et des propulseurs sous-marins, qui obligent à employer des appareils en rapport avec les dimensions de plus en plus grandes des navires, puis il décrit les principaux appareils et procédés qu'on emploie, en insistant sur les spécimens malheureusement trop peu nombreux qu'on rencontre à l'Exposition universelle. Ces appareils et procédés peuvent être ramenés à quatre types principaux.

1° *Les méthodes primitives.* Échouage, abattage en carène, gril de marée, procédés grossiers et imparfaits qui, cependant, rendent encore tous les jours des services par la simplicité et l'économie de leur emploi.

2° *Les bassins de radoub ou formes sèches* qui constituent l'appareil classique des arsenaux en France et en Angleterre. Les constructions sont toujours coûteuses, souvent difficiles et quelquefois impossibles à établir. Aussi doit-on forcément, dans bien des cas, recourir à une autre solution.

3° *Les cales de halage.* Ces appareils, qui sont des plans inclinés, à dispositions assez variables, ont été et sont encore assez employés dans les ports de commerce. Ils diffèrent les uns des autres par le mode de traction, par l'installation du berceau, qui peut être à roulement ou à glissement, et par la disposition générale, qui est longitudinale ou transversale. M. Mallet donne quelques détails sur une cale de ce dernier système, établie à Bordeaux par MM. Moulinié et Labat, et dont un modèle figure à l'Exposition.

4° Cette classe contient un assez grand nombre d'*appareils très-différents les uns des autres en apparence*, mais dont le caractère général est l'action verticale de la force qui soulève le navire. On compte dans ce groupe : le *dock à presse hydraulique* de Clarke, représenté à l'Exposition par un modèle ; les *balanced dock* et *sectional dock*, si employés aux États-Unis par suite de la difficulté de construire des formes en maçonnerie ; les *docks flottants* actuels, et le *dock à porte.*

Le dock flottant est l'appareil en faveur aujourd'hui, et il faut reconnaître qu'il mérite, à beaucoup d'égards, la préférence dont il jouit.

L'Exposition nous montre un certain nombre de modèles de ce système, notamment les docks de Rennie, de Randolph et Elder, etc. Un des avantages les plus sérieux de ce système consiste en ce qu'on peut réduire le dock au simple rôle d'appareil élévatoire, en lui adjoignant des bassins et des cales de halage sur lesquelles on transporte le navire dès qu'il est hors de l'eau, de sorte que le dock peut ne jamais

1. Voir la note p. 571.

rester inoccupé. Cette solution paraît être la plus avantageuse en ce qu'elle permet de tirer le plus de parti possible de l'appareil.

La note se termine par quelques généralités sur les appareils de plongeurs qui, s'ils ne servent pas à la mise à sec des navires, n'en rendent pas moins d'immenses services pour les visites, les nettoyages et les réparations sous-marines.

M. le Président remercie M. Mallet de sa communication. Elle sera insérée au *Bulletin*. Les détails dans lesquels il est entré en font une étude pleine d'intérêt et d'actualité.

M. le Président invite M. Agudio à faire connaître à la Société les perfectionnements qu'il a introduits dans la machine qu'il a envoyée à l'Exposition et à revenir même, s'il le croit nécessaire, sur la description générale de son système de traction.

M. Agudio, en remerciant M. le président de la bienveillance qu'il lui manifeste, rappelle à la Société les discussions qui ont eu lieu sur ce sujet, il y a deux ans, à la suite du rapport de M. Molinos. Il rappelle ensuite les résultats de ses expériences qui ont été faites sur une grande échelle et auxquelles ont assisté plusieurs membres de la Société.

Les commissions officielles des gouvernements de France, d'Angleterre, d'Italie et de la Suisse ont constaté, dans leurs rapports, l'aptitude pratique de son système. Depuis lors, M. Agudio a dirigé ses efforts vers la réalisation d'un projet d'application de son appareil sur le versant italien du mont Cenis. Il proposait de réunir le village de la Nouvalaise, près de Suse, avec le haut plateau du mont Cenis, au moyen d'un plan incliné de 11 kilomètres de longueur ayant 12 p. 100 de pente et des courbes de 300 mètres de rayon. D'après ce projet, on aurait franchi le sommet de la montagne en moins d'une heure, en gravissant d'un seul trait la différence de niveau de près de 1,320 mètres, qui existe sur les points sus-désignés. M. Agudio comptait remorquer des convois de 50 tonnes utiles à la vitesse de 15 kilom. à l'heure, en faisant servir à la traction et comme frein, la puissance hydraulique de la Cénise, qui pourrait fournir sur le moteur supérieur une quantité d'eau minimum de 600 litres par 1″, avec une chute de 145 metres, et qui aurait donné facilement à le moteur inférieur une force encore plus considérable, si elle était nécessaire.

La réalisation de ce projet demandait une somme de trois millions de fr. environ, c'est-à-dire à peu près ce qu'on a dépensé aujourd'hui sur le même versant avec le système Fell. Le plan incliné aurait été couvert sur toute son étendue, et pour la plus grande partie creusé en galeries pariétales sur le flanc très-escarpé de la montagne.

La Société Fell consentait à faire ce travail, mais elle exigeait une importante subvention de la part du gouvernement italien et de la ville de Turin, subvention qui, malheureusement, n'a pas été accordée.

L'emploi d'un tel moyen aurait, suivant M. Agudio, permis d'économiser presque la moitié des dépenses d'exploitation du chemin de fer.

M. Agudio indique que c'est dans cette circonstance que son locomoteur a été remanié. La nécessité d'employer les freins des convois Fell, même sur le plan funiculaire, a conduit à employer un rail central au lieu du câble toueur. En dehors de cette considération, la modification paraît constituer un véritable perfectionnement du système, parce qu'elle augmente considérablement la sécurité, qu'elle permet de passer sur des courbes d'un rayon aussi restreint qu'avec la locomotive

Fell, qu'elle rend la machine plus courte et beaucoup plus légère, tout en augmentant son effet utile.

Outre cela, l'appareil a gagné une grande stabilité, parce que son centre de gravité est très-bas, et parce que les 6 roues horizontales agissant sur le rail central servent à neutraliser entièrement l'effet de torsion que, par la traction latérale, les deux brins du câble moteur tendent à produire sur l'axe longitudinal de la machine.

Enfin, la voie étant établie avec le rail central pourra admettre un service commun avec la locomotive Fell; et le locomoteur pourra servir à celle-ci d'un puissant auxiliaire là où la rampe sera très-forte et où l'on aura à sa disposition les forces hydrauliques de la localité.

Revenant sur le principe de son système, M. Agudio fait observer qu'il est tout autre que le mode de traction ordinaire par câble. On doit l'envisager comme une véritable transmission télodynamique à double effet, qui agit au moyen de deux moteurs, chacun d'eux étant appliqué sur l'un des points extrêmes d'un câble sans fin. Ici, le récepteur de la force transmise par les deux brins moteurs, au lieu d'être fixé à un point déterminé, comme cela a lieu ordinairement, est au contraire placé sur un chariot mobile dit *locomoteur*, lequel doit précisément se déplacer par l'action de la force qu'il reçoit. Si le déplacement a lieu en montant un chemin de fer en rampe, et si l'action de deux moteurs est de force égale, le brin ascendant du câble contribuerait à produire l'ascension du chariot également et avec la même efficacité que le brin descendant, bien que celui-ci ait une marche contraire à celle du chariot. Or, les tractions qu'exercent les deux brins du câble étant égales entre elles et de sens opposé, s'équilibrent réciproquement l'une l'autre sur le locomoteur, de sorte qu'il ne reste disponible pour la traction que le mouvement de rotation des poulies sur lesquelles les deux brins font un tour. Par une combinaison d'engrenages et de bielles et manivelles, le mouvement se communique aux quatre roues portant la machine et aux six roues horizontales pinçant le rail central, et produisant le déplacement du locomoteur.

Telle est l'idée générale de ce système.

M. Agudio appelle l'attention sur la différence qui existe entre la vitesse du câble et celle du locomoteur. L'accélération dans la marche du câble par rapport à la machine est en raison du rapport du diamètre des poulies et celui des roues, mais à cette première cause s'en ajoute une autre, c'est le déplacement simultané des poulies et du câble. Si le diamètre des poulies est 2, 3 ou 4 fois celui des roues, le câble qui est obligé de se déplacer pendant que les poulies tournent, acquiert une vitesse qui est 3, 4 ou 5 fois celle du chariot.

Les engrenages n'ont aucune influence sur ces rapports de vitesse. Leur rôle est celui de transmettre le mouvement des poulies, sur lesquelles s'enroule le câble, à l'arbre qui commande le mouvement des roues adhérentes par le système de bielles et manivelles. Ces engrenages doivent en outre corriger la différence de vitesse de rotation des poulies, parce que le déplacement du chariot produit un mouvement différentiel sur les poulies. En effet, le couple des poulies qui tournent dans le sens du mouvement du locomoteur, doit diminuer leur vitesse tangentielle d'une quantité égale à l'avancement de leur centre, tandis que l'autre couple doit au contraire accélérer d'autant sa vitesse de rotation.

Ainsi, la roue et les pignons de l'engrenage qui reçoit l'action du brin ascendant auront tous un diamètre égal, tandis que pour l'autre engrenage on établira les rap-

ports de 1 : 2 ou 3 : 5 ou 2 : 3, selon que le câble marchera 3 ou 4 ou 5 fois plus vite que la machine.

L'arbre central est en deux pièces, car les roues qu'il porte tournent en sens contraire l'une de l'autre, par suite du mouvement en sens contraire des deux brins du câble. es deux moitiés de l'arbre transforment ensuite sur la machine leur mouvement de rotation en un mouvement de va-et-vient par l'intermédiaire d'un autre arbre transversal portant quatre leviers coudés qui commandent les boutons des manivelles des 4 roues verticales et des 6 roues horizontales, comme dans la locomotive Fell.

Une question très-sérieuse se présente dans la transmission de forces considérables par un câble à de grandes distances, surtout lorsque les résistances à vaincre, comme dans le cas actuel, sont très-variables. C'est la difficulté de régler l'effort de traction sur le câble pour ne dépasser jamais les limites de résistance dans lesquelles il peut travailler dans de bonnes conditions. En effet, une diminution brusque de vitesse dans la marche du train produirait toujours, sur le câble marchant à grande vitesse, un excédant de traction très-nuisible, qui aurait pour effet de l'énerver sur toute sa longueur, et même d'en causer la rupture. M. Agudio s'est beaucoup préoccupé de cette difficulté, et il croit l'avoir éliminée de la manière la plus complète.

Les deux roues dentées qui commandent l'arbre central sont reliées à celui-ci au moyen d'un embrayage Koëcklin, qui a subi une importante modification. Dans l'embrayage Koëcklin, le cercle de friction extérieur est fixé invariablement à la roue, pendant que l'autre cercle fait corps avec l'arbre. Dans la disposition adoptée par M. Agudio, le cercle de la roue n'est fixé à celle-ci que par l'adhérence résultant de la pression d'une série de ressorts à boudin concentriquement placés dans une cavité annulaire ménagée dans la jante de l'embrayage. On comprend qu'une fois la pression des ressorts réglée, l'effort que la roue peut transmettre à l'arbre reste limité, de même que la tension du câble sur les poulies et sur la machine. On règle pratiquement la tension des ressorts avec un appareil analogue à celui d'un frein Prony.

Ainsi, par les deux embrayages modérateurs de la tension des brins du câble, la rupture paraît absolument impossible, si l'on a soin de le resserrer lorsqu'un long travail l'aura considérablement usé.

M. Agudio donne ensuite quelques indications sur son mode de suspension du câble au moyen de poulies sans friction, système d'Athwood, et il invite les membres de la Société de vouloir bien examiner sur place ces détails pour se rendre compte de leur importance.

M. Vuillemin désire avoir quelques chiffres sur les dimensions du câble pour effectuer un travail déterminé sur un plan incliné de 8 à 10 kilom. de longueur et de 8 à 10 p. 100 de rampe.

M. Agudio répond que, pour faire ce calcul, il doit établir d'abord la quantité d'adhérence dont il dispose sur la machine. Le locomoteur avec 6 roues horizontales et un poids de 12 tonnes peut fournir une pression adhérente de 48 à 50 tonnes, qui, dans des conditions moyennes d'adhérence, permettront une traction de 7,000 et même 8,000 kilog., si on considère qu'il est toujours facile d'empêcher le patinage momentané des roues, pour peu que l'on augmente le serrage sur le puissant appareil des 6 roues horizontales.

M. Vuillemin fait observer que pratiquement il vaut mieux se tenir à un coefficient d'adhérence un peu plus bas, et limiter ainsi l'effort de traction à 7,000 kilog. pour ne pas détériorer trop rapidement les bandages des galets horizontaux.

M. Agudio accepte cette donnée, et il démontre qu'en donnant aux gorges des poulies du locomoteur le diamètre de 2m,10 et 0m,70 à celui des roues, et en employant un câble de 1 kilog. de poids par mètre courant, il pourrait remorquer un convoi de 55 tonnes utiles sur le plan incliné à 10 p. 100, ayant 10 kilom. de longueur, en supposant que la moitié soit en courbe de 200 mètres de rayon.

L'effort maximum sur le câble serait en effet :

Sur la circonférence de chaque couple de poulies du locomoteur...	1,000	kilog.
Pour résister à la composante de son poids....................	1,000	»
Pour vaincre les résistances du câble (1, 5 p. 100 de son poids)...	150	»
Pour le tendeur..	200	»
Total de l'effort............	2,350	»

Le câble en acier de un kilog. par mètre courant résisterait dans ce cas au 1/6 de l'effort de rupture, ou à l'effort de 18 kilog. par millimètre carré de sa section. Le câble en fil de fer de Liége travaille au 1/5 de l'effort de rupture, et cependant il n'est pas exempt des effets de tiraillements dont est préservé le câble du système de M. Agudio.

Si le plan incliné devait satisfaire à un trafic journalier très-considérable, on portera à 2 kilog. le poids du câble par mètre courant, et on adoptera deux locomoteurs accouplés dos à dos comme pour les machines de Giovi; cela permettra d'élever des convois de 100 tonnes utiles. Les trains à voyageurs, plus légers, partiront avec une seule machine, et alors le câble ne travaillera qu'au 1/9 environ de sa résistance à la rupture.

Le câble marchera à la vitesse de 16 à 17 mètres par 1″, qui est une vitesse modérée dans une transmission télodynamique. Les trains montants auront une vitesse qui sera de 1/4 de celle du câble, c'est-à-dire à 16 kilom. à l'heure. La descente des trains se fera avec une grande sécurité. Ils seront retenus soit par l'appareil à compression d'air mû par les roues adhérentes, soit en faisant marcher le câble qui trouverait une résistance sur les moteurs fixes, soit en agissant avec le frein des embrayages, soit enfin en faisant serrer le rail central par les deux pinces, très-puissantes, placées sur l'avant ou à l'arrière de chaque locomoteur.

Sur un plan incliné de 10 kilom. de longueur, destiné à franchir une différence de niveau de 1000 mètres, dans l'hypothèse qu'il y eût trois convois journaliers de voyageurs à monter, et en supposant qu'un tiers du temps soit perdu dans les manœuvres, l'on pourra élever, dans une journée de 24 heures, 22 convois de 100 tonnes, ce qui correspond à 1,400 tonnes nettes de marchandises.

Cette énorme quantité de travail, dans le cas d'un passage des Alpes, pourrait aisément s'obtenir par deux puissantes machines hydrauliques de la force de 500 chevaux chacune.

M. Vuillemin craint qu'il ne soit difficile, pendant l'hiver, de se procurer une force aussi considérable par l'effet des chutes d'eau, et de plus il considère comme un obstacle très-grave les conditions climatériques de ces localités, qui s'opposeront à l'adoption de ces plans inclinés, quelque avantageux qu'ils soient sous le rapport de l'économie d'établissement d'une ligne à travers les hautes montagnes.

M. Agudio fait remarquer qu'on a déjà répondu pratiquement à ces observations. Au Mont-Cenis, à la hauteur de 1,400 mètres au-dessus du niveau de la mer, les machines hydrauliques compriment l'air destiné à la perforation du grand tunnel,

produisant, en toute saison, la force de 500 chevaux, laquelle pourrait même être doublée si le cas l'exigeait. Les observations et les expertises faites par les ingénieurs de la commission internationale italo-suisse, qui a étudié les différents passages des Alpes helvétiques, Saint-Gothard, Lukmanier et Simplon ont démontré que des forces d'eau bien plus considérables qu'au Mont-Cenis étaient disponibles sur les versants de chacun de ces passages, dont on aurait pu disposer soit pour la perforation mécanique de grands tunnels, soit pour la locomotion des trains. Du reste, cette question géognostique avait été déjà résolue par Humboldt, lorsqu'il a déterminé pour les différentes altitudes, l'épaisseur de la couche de glace qui fond annuellement par l'action du rayonnement calorifique de la terre en contact avec les glaciers. Cette fonte permanente des glaciers est la source unique qui alimente les fleuves pendant l'hiver, et sur laquelle on doit seulement compter dans l'établissement du moteur hydraulique.

La commission même du gouvernement qui a examiné la possibilité d'appliquer le système Agudio au passage des Alpes et qui a donné son opinion très-favorable, a trouvé qu'on pouvait parfaitement compter sur l'emploi d'une force hydraulique suffisante pour le moteur inférieur, et que, pour le moteur supérieur, il serait prudent d'établir en même temps une machine subsidiaire à vapeur, qui pourrait en tous cas travailler, avec la machine hydraulique, pour mieux assurer la quantité de force nécessaire à la traction.

Quant à la deuxième question, celle des neiges et de la tourmente, évidemment on ne saurait jamais la résoudre qu'en mettant le chemin à l'abri de ces agents atmosphériques par une galerie artificielle, comme cela se pratique aujourd'hui au passage provisoire du Mont-Cenis avec le système Fell. Mais si, au moyen d'un chemin à forte rampe, de 28 à 30 kilomètres de longueur, on peut traverser la montagne, par un tunnel de faîte comparativement très-court, on n'hésitera certainement pas à consacrer la somme de 6 ou 7 millions pour une couverture générale de la ligne.

En définitive, les conditions comparatives d'un passage élevé, avec système funiculaire hydraulique, ont une supériorité sur celles d'un passage à grand tunnel, par locomotive, par les motifs suivants :

1° On réduit à un quart environ le temps nécessaire à l'achèvement des travaux de construction de la ligne ;

2° On réduit à 1/6 ou 1/7 la dépense nécessaire ;

3° On réduit à moitié la longueur du parcours, et on aura un chemin entièrement à l'abri des neiges ;

4° Le système funiculaire peut satisfaire aux exigences du plus grand trafic qu'il est permis d'attendre ;

5° Le temps nécessaire au parcours de la haute traversée ne sera pas plus long que celui de la traversée par le grand tunnel ;

6° La marche des convois sur les plans inclinés se fera dans des conditions de sécurité la plus complète ;

7° L'emploi des moteurs hydrauliques rendra l'exploitation générale de la ligne plus économique que par le service des locomotives sur la ligne plus basse.

Ces considérations semblent suffisantes pour démontrer que ce serait [illegible] économique de recourir encore à l'expédient d'un grand tunnel, qui ne résout la difficulté que d'une manière très-incomplète et au prix d'énormes sacrifices. La nature, en créant aux communications les obstacles des montagnes, a fourni en même temps sur place les moyens de les surmonter.

Il s'agit seulement de savoir en profiter, et si l'on veut, même d'une manière provisoire, en attendant que le jour arrive où la perforation des grands tunnels pourra se faire économiquement et rapidement. Alors on pourra faire disparaître l'obstacle d'une manière complète en ouvrant le tunnel aux pieds de la montagne, au lieu de l'élever, comme au Mont-Cenis, à 800 mètres au-dessus du niveau du chemin de fer de la plaine.

M. Agudio promet de revenir sur cette question importante et sur les applications secondaires de son système pour faciliter l'exécution des chemins de fer vicinaux dans les contrées accidentées.

M. le Président remercie M. Agudio de sa communication, et le prie de remettre à la Société le dessin et la description détaillée de son locomoteur.

Séance du 13 Septembre 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 23 août est adopté.

M. le Président rappelle qu'un concours a été ouvert par M. Perdonnet, pour le meilleur travail sur les conditions techniques de traction des trains. A la suite de ce concours, un mémoire fort important a été présenté par MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné. Avant que le rapport de la Commission nommée pour juger le mérite du travail présenté soit lu à la Société, il convient de faire connaître cette étude et ses résultats. Ses auteurs se sont chargés d'en présenter le résumé dans la réunion de ce jour; M. Vuillemin étant en ce moment occupé à présider la section des machines locomotives, M. Dieudonné va le remplacer.

M. Dieudonné indique que les expériences entreprises par la Compagnie des chemins de fer de l'Est répondent à plusieurs des questions comprises dans le programme adopté par la Société des Ingénieurs civils en février 1865, pour le concours fondé par M. Perdonnet.

Voici la première :

« Déterminer, par des expériences multipliées, la résistance des véhicules et des machines locomotives à la traction sur chemin de fer, en tenant compte de toutes les circonstances qui peuvent les modifier, telles que :

L'état des rails, des véhicules et des machines;
L'intensité et la direction du vent;
La surface des wagons, la longueur des trains;
La dimension des fusées et des roues;
La nature de la graisse ou de l'huile employée;
La température, le mode d'attelage;
Le mode de chargement;

Le système de construction des machines;
Le frottement du mécanisme;
L'accouplement des roues;
Les pentes et les courbes, etc. »

Pour déterminer la résistance à la traction des véhicules, nous avons employé deux méthodes.

Première méthode. — Le véhicule dont on veut connaître la résistance est lancé sur la voie à une vitesse déterminée, puis abandonné à lui-même jusqu'à l'arrêt complet. On mesure la distance parcourue, pendant que la vitesse a passé de sa valeur initiale jusqu'à zéro.

Soit m la masse du véhicule;

v_0, sa vitesse initiale (en mètres, à la seconde);

x, la résistance moyenne pendant ce parcours (en kilogr.).

Si la voie est en palier, on aura l'équation suivante :

$$(\alpha) \qquad \frac{1}{2} m v_0^2 = x \times s.$$

On pourra déterminer x, valeur moyenne de la résistance.

L'équation (α) doit être complétée par un terme qui tienne compte de la puissance vive de rotation des roues. En effet, celle-ci tend à pousser le véhicule en avant.

On trouvera dans une note séparée le calcul détaillé relatif à cette correction; on verra que, pour un wagon, il faut ajouter au premier membre de l'équation le terme $25 \times v_0^2$.

On a donc :

$$(b) \qquad \left(\frac{1}{2} m + 25\right) v_0^2 = x \times s.$$

Cette méthode peut encore conduire plus loin, c'est-à-dire à la détermination de la résistance pour une vitesse donnée, ou de l'effort de traction qu'exigerait le véhicule pour maintenir cette vitesse.

Supposons, en effet, qu'on ait noté, pendant la période de ralentissement, des points de repère pour le temps et l'espace. On pourra construire la courbe des espaces parcourus en fonction du temps,

$$s = f(t).$$

Construisons les tangentes aux différents points de cette courbe; mesurons les angles de ces tangentes avec l'axe des abcisses. La valeur géométrique de ces tangentes, mesurée avec un cercle de rayon égal à l'unité, donne la vitesse aux différents points. On pourra donc tracer la courbe

$$v = f'(t).$$

En opérant de même sur cette deuxième courbe, on en déduira la courbe des accélérations

$$j = f''(t).$$

En multipliant l'accélération j à un instant déterminé par la masse m, on obtient la force appliquée

$$F = m \times f''(t).$$

Donc, ayant construit la courbe des accélérations, il suffira de multiplier les ordonnées par une constante *m*, pour obtenir la force rétardatrice aux différents instants.

Deuxième méthode. — La deuxième méthode consiste à opérer avec un dynamomètre de traction. Nous renvoyons au Mémoire pour sa description détaillée, et nous dirons seulement quelques mots du ressort.

Les lames ont $1^{m}.04$ de longueur. Elles sont au nombre de 14. Les extrémités de deux lames voisines sont réunies par deux boulons et deux petites rondelles. L'assemblage est facile à faire ou à défaire. On fait travailler tout le ressort, ou seulement une partie, suivant que l'effort de traction doit être plus ou moins grand.

Les flexions du ressort ont été mesurées avec soin dans l'atelier, et ont été notées en regard des forces.

Il y a une échelle pour chaque accouplement, pour 2 lames, pour 4 lames, etc., et pour 14 lames. Les flexions sont, à peu de choses près, proportionnelles aux forces.

Avec cette faculté d'accoupler plus ou moins de lames, la flexion par 1000 kilogrammes reste assez grande pour que les lectures soient toujours faciles.

Le ressort est donc puissant et sensible. Ajoutons que son élasticité n'a pas été altérée par les expériences.

RÉSISTANCE D'UN WAGON ISOLÉ.

Le wagon sur lequel on a expérimenté était à caisse fermée, à 4 roues, et graissé à l'huile.

Son poids est de 5500 kilogrammes.

La voie était en ligne droite et palier.

Le temps était calme et sec; la température était de 25 degrés centigrades.

On a opéré successivement par les deux méthodes.

La première méthode a fourni d'abord les coefficients de résistance moyens, pour différentes vitesses initiales. (Application de l'équation (*b*).

Vitesse initiale en mètres à la seconde.	Coefficient de résistance par tonne.
$5^{m}.00$	$3^{kg}.20$
6 .65	4 .07
13 .90	7 .63
13 .90	7 .18
12 .50	6 .03

On voit combien le coefficient de résistance augmente avec la vitesse initiale. Si la vitesse initiale double, la résistance du wagon double à peu près aussi.

En second lieu, pour calculer les résistances correspondant à des vitesses déterminées, nous avons employé la méthode graphique des tangentes. Voici les résultats obtenus :

Vitesse à l'heure.	Coefficient de résistance par tonne.
35^{km}	$7^{kg}.6$
25 à 30	6 .3
20 à 25	5 .4

15 à 20	4 .3
10 à 15	3 .4
5 à 10	2 .5
1 à 5	2 .0
0	8 .7

Le dernier chiffre est la résistance au démarrage.

La deuxième méthode, ou méthode dynamométrique, a donné les valeurs suivantes pour la résistance du même wagon :

$4^k.54$ par tonne, à la vitesse de 25 kilom.
9 .10 par tonne à la vitesse de 50 kilom.

Le premier de ces chiffres est un peu inférieur à celui trouvé par la première méthode et pour la même vitesse. Cela tient sans doute à ce que, dans la deuxième expérimentation, le tender masquait une partie de la face d'avant du wagon.

Le coefficient de résistance au démarrage, $8^k.70$ par tonne, a été vérifié approximativement au moyen d'un petit dynamomètre à ressort en spirale, interposé sur une chaîne qui servait à tirer doucement le wagon, jusqu'à ce qu'il se mît en mouvement.

RÉSISTANCE DES LOCOMOTIVES.

Les machines étaient en feu et graissées : elles étaient accompagnées de leurs tenders, lesquels portaient leur charge ordinaire.

La voie était en ligne droite et palier; la température était de 20 degrés environ.

Première méthode :

Les machines, se remorquant elles-mêmes, étaient lancées à des vitesses initiales déterminées; puis, quand la vitesse était devenue uniforme, le régulateur était fermé et on laissait filer jusqu'à l'arrêt complet. Les distances et les temps se mesuraient au moyen d'un chronomètre et d'un compteur de distances.

Une équation de la même forme que l'équation (*b*) permettait de calculer la valeur de x, c'est-à-dire de la résistance moyenne pendant la période de ralentissement. En divisant par le poids de la machine et du tender, on avait la résistance moyenne par tonne.

Les machines soumises à cette série d'expériences appartiennent à deux types.

1° Machine mixte à 4 roues couplées de $1^m.70$, pesant 30 tonnes, cylindres de 42 cent.

2° Machine à marchandises, à 6 roues couplées de $1^m.30$, pesant 30 tonnes, cylindres de 42 cent.

Les valeurs trouvées pour le coefficient moyen de résistance ont été les suivantes :

1° Machine mixte,

Vitesse initiale	de 20 à 29^{km}	coefficient	$= 3^{kg}.20$
Id.	de 30 à 39	id.	= 4 .00
Id.	de 40 à 49	id.	= 4 .35
Id.	de 50 à 60	id.	= 5 .70

2° Machine à marchandises,

Vitesse initiale	de 20 à 25^{km}........	coefficient	= 5^{kg}.32
Id.	de 25 à 35..........	id.	= 6 .43
Id.	de 35 à 40..........	id.	= 7 .52

Ainsi les coefficients présentent une loi de croissance continue, suivant que la vitesse initiale croît elle-même. D'un type de machine à un autre type, la variation des coefficients, à égalité de vitesse initiale, s'explique par des dissemblances de mécanisme.

Deuxième méthode :

Le dynamomètre était intercalé entre deux machines, l'une traînante, l'autre traînée. La machine traînée avait le régulateur fermé, le levier de marche au point mort, et les purgeurs ouverts. Une vitesse uniforme était maintenue pendant plusieurs kilomètres consécutifs, de sorte qu'on pût obtenir de bons diagrammes.

Quatre types ont été essayés; voici les coefficients obtenus, en regard des vitesses moyennes :

1° Machine à marchandises, à 6 roues couplées, 30^t.	V = 24^{km},	f = 9^{kg}.52
2° Machine à marchandises, à...... id...... 33 .	V = 26 ,	f = 10 .24
3° Machine mixte à roues, de 1^m,70..............	V = 45 ,	f = 6 .41
4° Machine à roues libres, à roues de 1^m.70.......	V = 45 ,	f = 5 .48

Ces chiffres sont naturellement supérieurs à ceux obtenus par la première méthode, car ici les vitesses sont plus grandes, et le graissage des cylindres et tiroirs est moins parfait. Nous faisions en effet plusieurs kilomètres sans vapeur dans les cylindres: tandis que, dans les essais de la première méthode, la machine parcourait seulement quelques centaines de mètres, une fois le régulateur fermé.

Il est évident que, pour avoir la résistance totale d'une machine travaillant au remorquage d'un train, il faudrait ajouter aux chiffres précédents une certaine quantité, représentant les frottements supplémentaires dus à l'action de la vapeur. Nous reviendrons là-dessus.

Pour le moment, nous pouvons tirer deux applications de ce qui précède :

1° A leur vitesse normale, les machines à marchandises, à 6 roues, descendent seules, sans vapeur, les pentes de 9 à 10 mill. Les machines mixtes, et à roues libres, descendent seules les pentes de 5 à 6 mill.

2° Les chiffres donnés par la première méthode seront utilisés dans le calcul des freins, lorsqu'il s'agit de produire l'arrêt sur une longueur donnée, et à une vitesse initiale connue.

RÉSISTANCE DES LOCOMOTIVES ET TENDERS AU DÉMARRAGE.

En démarrant le plus doucement possible, nous avons trouvé les valeurs suivantes, pour la résistance au départ des machines et tenders :

1° Machine mixte.	15^{kg}.90	par tonne
2° Machine à marchandises, 6 roues	19 .70	id.

Généralement, dans le service courant, l'effort au démarrage est beaucoup plus grand, parce qu'il est employé non-seulement à vaincre les frottements, mais encore à donner une accélération plus ou moins grande à la masse remorquée.

RÉSISTANCE DES TENDERS SEULS.

On a expérimenté au dynamomètre des tenders isolés. La résistance moyenne est de 5k.16 par tonne, à la vitesse de 30 kilom., et de 7k.00 par tonne, à la vitesse de 45 kilom.

RÉSISTANCE DES TRAINS EN GÉNÉRAL.

Pour mesurer la résistance des trains, nous avons toujours eu recours au dynamomètre, n'opérant par conséquent que par la deuxième méthode. On obtenait ainsi l'effort exercé sur la barre d'attelage du tender.

Nous renvoyons au mémoire pour l'explication complète du mode d'expérimentation et de calcul. Nous dirons seulement que le parcours est divisé en fractions égales à un demi-kilomètre. A chaque fraction correspond une quadrature, et un calcul de vitesse et de travail.

Lorsque le profil a été à peu près constant sur un long parcours, lorsque la vitesse a elle-même peu varié, on peut calculer :

1° La résistance moyenne du train dans ce parcours;

2° La vitesse moyenne;

3° Le travail moyen de traction, exercé sur la barre d'attelage du tender.

Connaissant la charge brute du train en tonnes, on en déduit la résistance par tonne de train.

Dans la plupart des essais, la voie n'était pas exactement de niveau. Or nous établirons plus loin que l'effet des rampes est d'augmenter la résistance exactement de 1 kilogr. par tonne et par millième d'inclinaison. Nous pouvons donc, dans chaque cas, faire la correction due à la gravité, et ramener les coefficients au palier.

Le parcours total expérimenté a été de :

	1360	kilomètres	en trains de marchandises,
	451	id.	en trains mixtes,
	1501	id.	en trains de voyageurs.
TOTAL...	3312	kilomètres d'expérience.	

Le nombre total des trains est de 139.

ÉTUDE DES TRAINS DE MARCHANDISES.

La charge brute des trains a varié de 152 à 571 tonnes. Le nombre des véhicules par train a varié de 12 à 56. Il y a eu des trains de matériel absolument vides, complétement chargés et incomplétement chargés.

La proportion des wagons plats a varié de 0 à 97 p. 100; la proportion des wagons graissés à l'huile, de 2 à 100 p. 100.

L'inclinaison de la voie a varié entre une pente de 1 millim. et une rampe de 20 millim. Le rayon minimum des courbes est descendu à 400 mètres.

Les températures ont oscillé entre — 4° et + 26°. Il y a eu des temps calmes, du vent faible et du vent fort, des temps secs, des temps de pluie, de brouillard et de neige.

La vitesse de marche a oscillé entre 10 kilom. et 39 kilom. à l'heure.

Ainsi nous pouvons dire que les circonstances de traction ont varié entre des limites fort étendues.

Groupons ensemble les trains qui ont rencontré des circonstances favorables de traction, et prenons la moyenne. Appelons f le coefficient de résistance par tonne de train, ramené au palier, nous trouvons :

Pour une vitesse de 17 à 26 kilom. . . . . $f = 3^{kg}.15$
Id. de 26 à 32 kilom. . . . . $f = 3\ .95$

De là nous concluons qu'à leur vitesse moyenne de service, ces trains ont présenté une résistance moyenne de $3^{kg}.55$ par tonne.

Plus loin, nous examinerons séparément l'influence aggravante de plusieurs causes sur la résistance des trains de marchandises. Ajoutons seulement, pour le moment, que le coefficient s'est élevé pour un train jusqu'à $8^{kg}.60$.

ÉTUDE DES TRAINS DE VOYAGEURS.

La charge brute a varié de 30 à 116 tonnes ; et le nombre des véhicules par train, de 5 à 20.

La proportion des voitures graissées à l'huile a varié de 7 p. 100 à 50 p. 100.

L'inclinaison de la voie a varié depuis une pente de $0^{mill}.75$ jusqu'à une rampe de 10 mill. Le rayon minimum des courbes a été de 700 mètres.

La vitesse a oscillé de 24 à 77 kilom. à l'heure.

Groupons ensemble les trains qui ont rencontré des circonstances favorables de raction, et prenons la moyenne, en distinguant les trains courts (8 à 10 voitures), et les trains longs (14 à 17 voitures). Nous trouvons :

1° Trains courts :

Pour	$V = 46$ kilom.	à l'heure,	$f = 7^{kg}.21$
	$V = 58$	id.	$f = 9\ .57$
	$V = 76$	id.	$f = 14\ .55$

2° Trains longs :

Pour	$V = 45$ kilom.	à l'heure,	$f = 5^{kg}.98$
	$V = 52$	id.	$f = 6\ .53$
	$V = 60$	id.	$f = 8\ .05$

On voit que la résistance des trains de voyageurs augmente rapidement avec la vitesse, et d'autant plus rapidement qu'il s'agit d'un train plus court.

Par un temps calme, sur une voie bien entretenue et en courbes de rayon égal à 1000 mètres au moins, le coefficient de résistance par tonne, ramené au palier, a atteint jusqu'à $14^{kg}.55$, pour un train express de huit voitures.

Passons maintenant à d'autres questions du programme.

« Déterminer séparément l'influence due à chacune des circonstances de traction mentionnée dans la première question. Analyser les causes qui, dans les courbes, modifient la résistance, contrôler le raisonnement par l'expérience. »

Nos recherches ont porté d'abord sur les résistances diverses des machines.

La machine à essayer, sans tender, en feu et graissée, était remorquée derrière le wagon-dynamomètre.

Au premier voyage, on traînait la machine toute montée.

Au deuxième voyage, les bielles motrices avaient été démontées.

Au troisième voyage, les bielles d'accouplement avaient été démontées.

Au quatrième voyage, les bielles motrices et les bielles d'accouplement avaient été démontées.

De ces quatre essais, on pouvait déduire :

1° La résistance de la machine toute montée, sans tender;

2° La résistance due au frottement de l'accouplement;

3° La résistance due au frottement des pistons, glissières et bielles motrices (il s'agit, bien entendu, des frottements du mécanisme fonctionnant sans pression de vapeur);

4° La résistance de la machine roulant sans mécanisme, c'est-à-dire considérée comme véhicule.

Nos résultats sont les suivants :

1° A la vitesse de 28 kilom., la résistance par tonne de la machine toute montée a été de :

$9^{kg}.60$ pour la mixte,
12 .20 pour les marchandises à 6 roues.

2° La résistance de l'accouplement n'a pas été accusée assez nettement pour permettre de tirer une conclusion. Observons, d'ailleurs, qu'on opérait en alignement et que cette résistance devait être faible.

3° Pour les machines mixtes ou à marchandises, la résistance due aux pistons, bielles motrices et glissières, est égale à 48 p. 100 de la résistance totale de la machine toute montée.

Les pistons sont du type dit *suédois*.

4° La résistance des machines réduites à l'état de véhicules est
de $5^{kg}.22$ par tonne de machine mixte,
et de 6 .45 par tonne de machine à marchandises, à 6 roues.

Ces coefficients ont été mesurés à la vitesse de 25 à 30 kilom.

CAUSES QUI PEUVENT FAIRE VARIER LES COEFFICIENTS DE RÉSISTANCE DES WAGONS.

En palier et ligne droite, la résistance normale des wagons se compose de deux éléments :

1° Les frottements des roues;

2° La résistance due à l'air.

Si l'on opère à des vitesses très-faibles, le deuxième élément est négligeable, et la résistance se réduit aux frottements, lesquels sont exprimés par la formule connue :

$$\text{(E)} \qquad R = (p + p')f' + pf'' \times \frac{d}{D}$$

p, poids du wagon moins les roues.
p', poids des roues,
d, diamètre des fusées,
D, diamètre des roues,
f', coefficient du frottement de roulement à la jante,
f'', Id. de glissement sur les fusées.

FROTTEMENT DANS UNE BOÎTE A HUILE.

Nous avons trouvé, par la méthode graphique des courbes d'accélération, que la résistance d'un wagon était de 11 kilog., à la vitesse de 4 à 5 kilom. En appliquant l'équation (E), où l'on suppose, d'après Wood, $f' = 0{,}001$, on trouve

$$f'' = 0.018.$$

Tel est le coefficient de frottement dans une bonne boîte à huile, à la température de 20°.

FROTTEMENT DANS UNE BOÎTE A GRAISSE.

L'application de la même méthode a donné pour le frottement dans une boîte à graisse, à une température moyenne,

$$f'' = 0.032.$$

Ce coefficient est à peu près double du précédent.

INFLUENCE DE LA CHARGE SUR LE FROTTEMENT DES FUSÉES.

Le poids brut moyen des wagons a été très-différent dans nos expériences sur les trains de marchandises, et cependant les coefficients f'' ont peu différé avec ces poids. On doit en conclure que le frottement des fusées est indépendant de la charge, tant qu'on n'atteint pas la limite du grippage.

FROTTEMENT DANS LES BOÎTES D'UNE MACHINE.

Pour une machine pesant 30 tonnes, à la vitesse de 25 à 30 kilom., on a trouvé

$$f'' = 0.052.$$

Le graissage était à l'huile

INFLUENCE DE L'ÉTENDUE DES SURFACES SUR LE FROTTEMENT DES FUSÉES.

La surface moyenne frottante, dans les wagons, est par fusée de 188^{cmq}; dans les machines expérimentées, elle est de 452^{cmq}. La surface frottante est donc bien plus grande dans les fusées de machines.

Or, pour les wagons, nous avons trouvé. . . . . $f'' = 0.018$
pour les machines, nous avons trouvé. . . . . $f'' = 0.052$.

On voit que l'augmentation de l'étendue de la surface frottante augmente beaucoup le coefficient de frottement.

Il y a donc toujours avantage, au point de vue de la traction, à réduire la surface frottante à son minimum ; mais, avant tout, il est nécessaire de donner aux essieux des fusées suffisantes pour éviter le grippement et ne pas rompre sous charge.

Cette double considération, réduction des dimensions et résistance des fusées, a fait construire des essieux en acier. On aura sans doute avantage à employer l'acier Bessemer, qui est plus doux que l'acier fondu et plus résistant que le fer.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LA RÉSISTANCE.

Nous avons dressé deux tableaux comparatifs : le premier comprend des trains faits par une température basse (0° à — 3°) ; le second comprend des trains faits par une température élevée (+ 15 à + 20°). Les uns et les autres sont d'ailleurs comparables pour toutes les circonstances de traction, et renfermaient 90 p. 100 de boîtes à graisse.

On a trouvé le coefficient de :

5kg.22 pour la basse température,
3 .47 pour la température élevée.

Donc, avec des boîtes à graisse, la traction augmente de 50 p. 100 par les temps de gelée.

Avec des boîtes à huile, au contraire, l'influence de la température est insensible.

INFLUENCE DES RAMPES SUR LA RÉSISTANCE.

Nous avons dressé plusieurs tableaux comparatifs :

Trains faits sur palier,
Trains faits sur rampes, de 1 à 5 mill.
Id. de 5 à 10 mill., etc., jusqu'à 17 mill. d'inclinaison.

Toutes les autres circonstances de traction (atmosphère, graissage, vitesse, courbes, etc.), étaient d'ailleurs les mêmes pour ces trains. La traction sur palier étant représentée par a, nous avons trouvé que la traction sur rampe d'inclinaison i était exactement représentée par $a + i$, suivant la formule géométrique.

INFLUENCE DE LA LONGUEUR DES TRAINS.

Nous avons déjà vu que, dans les trains de voyageurs, la résistance par tonne était d'autant moindre que le train était plus long. Et, en effet, l'action de l'air est plus grande sur la première voiture que sur toutes les autres; la résistance par voiture doit donc diminuer avec le nombre des voitures.

Dans les trains de marchandises, la longueur est généralement beaucoup plus grande, et la vitesse beaucoup plus faible. L'action de l'air n'est plus ici bien importante; et, au contraire, la longueur ayant pour effet de rendre la traction oblique dans les courbes, les frottements augmentent; par conséquent, la résistance par tonne augmente en général avec la longueur du train.

Ainsi, l'on a constaté que, dans une section où les courbes de 1000 mètres étaient multipliées, le train de 42 wagons a demandé en moyenne 1 kilogr. par tonne d'effort de traction, en sus de l'effort exigé dans la même section pour le train de 28 wagons.

INFLUENCE DES COURBES.

Pour les trains de voyageurs, l'influence des courbes ne se fait sentir que si le rayon est de 1500 mètres et au-dessous, et si la vitesse dépasse 50 kilom. à l'heure. Ainsi cette influence a augmenté la résistance de 5 p. 100 dans un train de 12 voitures, à la vitesse de 56 kilom., et en courbe de 1500 mètres.

Dans les trains de marchandises de 40 wagons, à la vitesse de 26 kilom., l

courbe de 1000 mètres augmente la résistance de 1 kilogr.; la courbe de 800 mèt. augmente la résistance de 1 ½ kilogr.

Dans les nouvelles lignes qui présentent des rayons de 400 mètres, l'influence des courbes est généralement moins sensible, parce que la longueur des trains doit être réduite, en proportion des rampes fortes qui se rencontrent simultanément avec les courbes de petit rayon.

Nous renvoyons au mémoire pour les observations sur l'influence de l'état de la voie et l'influence des attelages.

INFLUENCE DE LA VITESSE, RÉSISTANCE DE L'AIR.

Quand la vitesse augmente, l'action de l'air déplacé par le train augmente; de plus le train tend à prendre du lacet, ce qui augmente les frottements à la jante. Plus loin, en parlant de l'établissement des formules, nous examinerons la loi de croissance des coefficients avec la vitesse.

Au démarrage, la résistance moyenne a été de 12 kilog. par tonne pour les trains de marchandises, et de 22 kilog. par tonne pour les trains de voyageurs. La différence provient de ce que les attelages sont plus serrés dans les trains de voyageurs que dans les trains de marchandises.

INFLUENCE DES COURANTS D'AIR ATMOSPHÉRIQUE.

Outre le vent créé par la marche, et dont la vitesse est égale et contraire à celle du train, il faut examiner aussi l'action du vent atmosphérique.

A cet effet, le wagon-dynamomètre porte une girouette, dont la direction peut se lire à chaque instant sur un cercle divisé horizontal. A côté se trouve une boussole.

On note la direction du vent, dans une gare, au repos. Puis, lorsque le train est lancé en vitesse uniforme, on note la direction du vent relatif (celui-ci est la composante du vent atmosphérique et du vent créé par la marche). D'ailleurs, le relevé du diagramme permet de déterminer la vitesse de marche. On peut donc construire le parallélogramme des vitesses, et déterminer la vitesse absolue du vent atmosphérique.

Ainsi, par le fait du transport du train, la girouette se trouve remplacer un anémomètre.

C'est ainsi que nous avons pu arriver à calculer qu'un vent atmosphérique, ayant une vitesse de $8^{m},40$ à la seconde, produisait une différence de 30 p. 100 sur la résistance d'un train de voyageurs, suivant que le train avait ce vent de face ou d'arrière.

Nous avons dans nos trains d'expérience plusieurs exemples qui prouvent que, sans parler de circonstances atmosphériques extraordinaires, la résistance des trains varie du simple au double, par le fait du vent. Un même train peut présenter des coefficients très-variables, à cause des circuits de la voie, desquels il résulte qu'on coupe le vent sous des angles très-différents.

Nous traiterons maintenant la question suivante du programme :

« Trouver par l'expérience une formule pratique pour calculer la charge que peut traîner une machine locomotive de forme et de dimensions connues, en tenant compte de l'adhérence et des autres conditions importantes. »

Nous allons chercher d'abord à exprimer mathématiquement la résistance par tonne du train.

Commençons par comparer les résultats de nos expériences avec ceux de la formule de Harding, dont la forme nous paraît simple et rationnelle.

$$(\delta) \qquad r = 2,72 + 0,094 \times V + \frac{0,00484 \times S \times V^2}{P.}.$$

r est la résistance du train en kilog. par tonne.
V est la vitesse en kilom. à l'heure.
S est la section de face du train = 5 m. carrés.
P est le poids du train en tonnes.

Cette formule a donné des résultats toujours plus forts que ceux de l'expérience. Nous avons, après de longs tâtonnements, adopté les formules suivantes, qui sont bien d'accord avec nos données expérimentales. Il s'agit du parcours en courbes de grand rayon, en palier et par le beau temps.

1° Trains de marchandises, vitesse de 12 à 32 kilomètres,

$$r = 1,65 + 0,05 \times V$$

pour les trains lubréfiés à l'huile, et

$$r = 2,30 + 0,05 \times V$$

pour les trains lubréfiés à la graisse.

Aux faibles vitesses, le terme en V^2 de l'équation (δ) a si peu d'importance que nous avons pu le supprimer.

2° Trains mixtes et trains de voyageurs, vitesse de 32 à 50 kilom.

$$r = 1,80 + 0,08 \times V + \frac{0.009 \times S \times V^2}{P}.$$

3° Trains de voyageurs, vitesse de 50 à 65 kilom.

$$r = 1,80 + 0,08 \times V + \frac{0,006 \times S \times V^2}{P.}.$$

4° Trains express, 8 à 10 voitures, vitesse de 70 à 80 kilom.

$$r = 1,80 + 0,14 \times V + \frac{0,004 \times S \times V^2}{P.}.$$

Pour calculer les résistances additionnelles dues aux rampes, aux courbes, etc., on se reportera au paragraphe concernant la deuxième question du programme.

SURFACE DE CHAUFFE.

La puissance des locomotives dépend principalement de deux éléments : leur surface de chauffe, et le poids adhérent, c'est-à-dire le poids reposant sur les roues motrices.

Calculons d'abord le nombre de chevaux disponibles par unité de surface de chauffe.

A leur vitesse maxima de service, nos diverses machines peuvent développer le travail suivant :

Machine Crampton	400	chevaux.
— mixte	300	—
— marchandises (poids 33 kil.)	300	—
— — (poids 30 kil.)	275	—
— — à 8 roues	400	—

Le travail des machines peut quelquefois être supérieur momentanément; mais c'est ce qu'on appelle un *coup de collier*.

En divisant le travail par la surface de chauffe, on obtient le nombre de chevaux disponibles par mètre carré de surface de chauffe.

Machine Crampton	$4^{ch},3$
— mixte	3 ,0
— à marchandises (6 roues)	2 ,5
— — (8 roues)	2 ,0

Le travail en chevaux disponible par unité de surface de chauffe est d'autant plus grand que la vitesse est plus grande, et que la surface du foyer est plus grande relativement à la surface de chauffe totale.

ADHÉRENCE DES LOCOMOTIVES.

Pour calculer l'effort tangentiel exercé au contact du rail et de la roue motrice, nous avons ajouté à l'effort de traction, relevé sur la courbe dynamométrique, l'effort nécessaire pour le transport de la machine et du tender, considérés comme véhicules. Cet effort est d'ailleurs connu par les expériences dont nous avons parlé.

Des nombreux exemples que nous citons en tableaux, nous conclurons que, pour une traction soutenue, on peut compter sur l'adhérence de $\frac{1}{5}$ dans la belle saison, et de $\frac{1}{9}$ dans la mauvaise saison. Sous les tunnels, l'adhérence en général n'est pas supérieure à $\frac{1}{9}$.

Nous pouvons maintenant tirer de nos expériences une formule pratique, pour calculer les charges des locomotives.

Soit : P, la charge brute en tonnes que peut traîner une locomotive à la vitesse V, sur un profil de voie connu (V est exprimé en kilomètres à l'heure);
r, la résistance du poids P par tonne.
P', le poids en tonnes de la machine et du tender.
r', la résistance du poids P' par tonne, considérant la machine et le tender comme des véhicules;
S, la surface de chauffe totale;
N, le nombre de chevaux disponibles par unité de surface de chauffe;
P'', le poids adhérent de la machine;
m, le coefficient d'adhérence.

L'effort à la jante sera :

$$Pr + P'r'.$$

Le travail à la seconde sera :

$$(Pr + P'r') \times 0,277 \times V.$$

On devra donc avoir :

(F) $$(Pr + P'r') \times 0,277 \times V \overline{\overline{<}} S \times N \times 75.$$

De plus, pour éviter le patinage, il faut qu'on ait :

(F') $$Pr + P'r' \overline{\overline{<}} m \times P''.$$

Nous avons déterminé par nos expériences les valeurs des coefficients r, r', N et m. On pourra donc, au moyen de ces deux formules, calculer la charge maxima d'u machine connue, et la vitesse maxima à laquelle pourra être traînée cette charge.

Ces formules serviront aussi pour résoudre le problème inverse, déterminer les éléments principaux d'une locomotive, devant traîner une charge P à la vitesse V, sur une voie donnée.

Pour cela, dans la formule (F), considérée comme équation, on donnera d'abord à P' une valeur approximative, et on en déduira la valeur de S. Ensuite la formule (F'), considérée comme équation, permettra de déterminer P''. Les valeurs de S, P' et P'' pourront être, après cela, légèrement modifiées pour des motifs de construction. Le problème aura reçu sa meilleure solution, si l'on parvient à rendre égaux deux à deux les membres des relations (F) et (F').

M. DIEUDONNÉ donne ensuite communication d'une note, faisant suite au mém général sur la production de la vapeur dans les machines locomotives.

Dans cette série d'expériences l'eau était mesurée dans le tender au moyen d'une échelle graduée.

Pour une machine Crampton le travail développé a été de 407 chevaux, et la vaporisation par mètre carré de surface de chauffe de 42 kilogrammes.

Pour les machines à marchandises, la production n'a été que 16 à 18 kilogrammes.

Il résulte de ces expériences que plus une machine marche vite plus elle pr de vapeur par mètre carré de surface de chauffe, et par conséquent plus elle p produire de travail. Au point de vue de la production de vapeur, il y a donc i à augmenter la vitesse jusqu'à la limite qu'on ne saurait dépasser sans fatiguer le mécanisme.

Dans ces expériences la quantité d'eau consommée par tonne et par kilomètre p le service des voyageurs a varié de $7^l,04$ pour les trains express, à $4^l,45$ pour les trains omnibus. Pour les marchandises la traction d'une tonne à des vitesses et des profils à peu près semblables, a demandé $6^l,88$ avec une machine à 8 roues c plées, et $4^l,39$ avec une machine type 20.

La consommation d'eau par cheval est d'autant moindre que la vitesse est p grande.

Cette consommation a été de :

$0^l,23$, pour train express,
$0^l,44$, pour train omnibus,

et de $1^l,48$ à $1^l,85$ pour les trains de marchandises. Ces résultats s'expliquent e marquant que dans les machines à grande vitesse la période de détente est beauc plus prolongée que dans les machines à petite vitesse.

La quantité d'eau non utilisée représente en moyenne les 30 pour 100 de la co sommation totale.

Aux résistances des machines roulant à vide dont on a déterminé les valeurs d

les expériences précédemment décrites, il faut ajouter la résistance créée par les pressions réciproques des pièces en mouvement.

M. Dieudonné établit la formule donnant le travail théorique de la vapeur développé sur le piston de la machine diminué du travail résistant des gaz en avant du piston, et compare la valeur du travail déduite de cette formule à celle du travail de traction utile mesurée sur la barre d'attelage du premier wagon pour une machine du type n° 20.

On trouve que le travail théorique de 226 chevaux se décompose ainsi :

192 chevaux sur la base d'attelage,

34 chevaux absorbés par le transport et les frottements du moteur.

Le rendement ou rapport du travail utile développé au travail théorique de la vapeur est, pour cet exemple, de :

$$\frac{192}{226} = 0,85.$$

M. le Président demande à M. Dieudonné d'entrer dans quelques détails sur le dynamomètre qui a été employé dans ces expériences ;

Quels étaient les moyens de s'assurer si le train ou le wagon en expérience était maintenu à une vitesse uniforme?

Si, dans le remorquage des locomotives, les cylindres de la machine avaient été chauffés préalablement, et si dans les trains en expérience les attelages n'étaient pas plus serrés qu'ils ne le sont ordinairement.

M. Dieudonné, répondant à cette dernière question, dit que, souvent, les employés n'étaient pas prévenus de la présence des observateurs et que, dans tous les cas, on n'a rien changé à la constitution normale des trains.

Il fait remarquer que les courbes de démarrage obtenues au moyen du dynamomètre présentent deux dispositions différentes. Lorsque l'on opère sur un train de marchandises, les attelages se tendent successivement ; tandis que pour un train de voyageurs, le démarrage du train tout entier se fait à la fois. Il en résulte, dans le premier cas, une période de démarrage plus longue que dans le second, mais avec des efforts mesurés moins considérables pour une même charge remorquée.

Il décrit ensuite le dynamomètre qu'il a employé et fait au tableau un croquis de la disposition générale de cet appareil.

Chacune des 14 lames en acier dont il se compose est recourbée à ses extrémités Un boulon passe dans l'œil ainsi formé, et des rondelles réunissent les deux boulons de deux lames correspondantes.

Cette disposition permet de proportionner le nombre des lames aux efforts de traction et d'éviter l'altération de l'élasticité de ces lames.

La flexion maximum observée a été de 0m,10, et dans ces conditions l'élasticité n'a pu être altérée.

Il ajoute que c'est à l'aide de pointages faits sur la courbe au moyen d'un compteur et au passage des poteaux kilométriques, que l'on a pu déterminer la vitesse du train en expérience.

Dans les expériences sur la résistance des locomotives roulant à vide, les cylindres avaient été chauffés par le passage de la vapeur immédiatement avant l'expérience.

M. A. Tresca fait remarquer que des dynamomètres à plusieurs lames, accouplées deux à deux de la même manière que celles décrites par M. Dieudonné, ont été em-

ployés depuis déjà longtemps par M. le général Morin et qu'un dynamomètre de ce genre pouvant enregistrer des efforts de 5,000 kilogrammes existe dans les collections du Conservatoire.

Cet appareil a servi, dans diverses circonstances, à la détermination de la résistance à la traction des trains sur chemin de fer, et l'élasticité des six lames dont il se compose n'a pas été altérée.

Il ajoute que lorsque l'on fait des expériences sur des chemins de fer, dont le profil présente une faible inclinaison, on peut se débarrasser de cet élément en faisant deux expériences : l'une en montant la rampe, l'autre en la descendant : on prend alors la moyenne des deux efforts mesurés qui représente la valeur de l'effort correspondant à la traction du train sur terrain horizontal.

M. Nordling émet le vœu que les expériences soient continuées sur des courbes de 300 mètres.

M. Vuillemin dit que sur le réseau de l'Est ces courbes sont accompagnées de rampes trop fortes pour permettre ces expériences, et qu'il est nécessaire d'opérer avec le même matériel.

M. Farcot (Joseph) demande si dans le calcul du rendement d'une machine locomotive on a tenu compte des espaces nuisibles.

Il attribue à cet oubli les rendements exagérés que l'on obtient quelquefois et qui peuvent atteindre plus de 100 p. 100.

M. Routier ajoute que, dans les machines à détente, l'influence des espaces nuisibles sur le rendement peut devenir assez considérable pour que l'économie de combustible ait un maximum correspondant à la détente au 1/5 de la course, ainsi qu'il a eu occasion de le constater sur certaines machines.

Il ajoute que dans des expériences faites à l'administration des Tabacs sur une machine de Woolf, M. de Mondesir a aussi reconnu l'existence d'un maximum d'économie ; mais il correspond à la détente au 1/10 ou au 1/12. Cela était dû en grande partie aux espaces nuisibles.

M. Dieudonné répond que dans les cylindres des machines locomotives le volume des espaces nuisibles ne pourrait entrer en ligne de compte, en proportion du volume d'admission de la vapeur, qu'à des allures à très-fortes détentes récemment usitées.

M. le Président remercie M. Dieudonné du soin qu'il a mis pour résumer les expériences entreprises au chemin de l'Est.

L'occasion se présentera lorsque, sur l'avis de la Commission du concours, la médaille offerte par M. Perdonnet sera décernée, de remercier la Compagnie du chemin de fer de l'Est et particulièrement M. Sauvage, son directeur, de son aide éclairée et efficace. En mettant le matériel à la disposition des ingénieurs, elle a permis des constatations qui donnent au travail entrepris par MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné un intérêt de premier ordre. Rien ne pouvait être plus utile à la détermination des données techniques qui ont fait l'objet de ce concours; elles sont et elles auront l'influence la plus directe sur les conditions de construction et de service du matériel moteur et roulant. Depuis les expériences de Gooch, rien d'aussi important n'avait été fait, et ces expériences avaient alors un caractère de parti qui leur ôtait une partie de leur utilité; elles étaient d'ailleurs incomplètes.

M. le Président ajoute que le mémoire de MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné, qui constitue le travail le plus considérable, entrepris sur cette question

est depuis quelque temps remis à la Société ; il est imprimé, et les épreuves vont en être envoyées à la Commission chargée de l'examiner et de rédiger un rapport qui sera communiqué à la Société. En attendant, une épreuve en est déposée à la bibliothèque de la Société, à la disposition de ceux des Membres qui voudraient l'examiner.

Séance du 20 Septembre 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 30 août est adopté.

M. le Président donne la parole à M. Debauge pour sa communication sur le chemin de fer de Vitré à Fougères.

M. Debauge indique que le chemin de fer de Vitré à Fougères ne présente, en tant que voie ferrée, aucune particularité digne d'appeler l'attention, assujetti au même cahier des charges que les lignes des 2e et 3e réseaux exécutées à une voie, il a comme elles l'écartement de 1m.50 entre les rails, les mêmes dimensions dans les terrassements et les ouvrages d'art, les alignements ont été raccordés par des courbes d'un rayon minimum de 300 mètres et le maximum de l'inclinaison des pentes et rampes a été fixé à 15 millimètres par mètre.

Ce qui le distingue c'est la modicité de son prix d'établissement qui, tout compris : frais généraux, personnel, intérêts payés pendant la construction, terrains, terrassements, ouvrages d'art, voie de fer, stations et matériel roulant, ne dépasse pas 2.500.000 fr. pour 37 kilomètres livrés à l'exploitation, soit 67.500 fr. par kilomètre.

Ce bas prix, que nous avions annoncé lors de la présentation des avant-projets, en mars 1865, et qui vient d'être réalisé, était une condition absolue de l'exécution du chemin, parce que le capital de 2.500.000 fr., formé pour 700.000 fr. par des subventions locales et pour 1.800.000 fr. par des souscriptions d'actions et d'obligations, représentait la limite extrême des sacrifices que les localités pouvaient s'imposer ; tout accroissement dans les dépenses aurait entraîné la ruine de l'entreprise.

Projeté au moment même où le gouvernement, préoccupé des nombreuses demandes de lignes secondaires, préparait la loi sur les chemins de fer d'intérêt local, le chemin de fer de Fougères s'est trouvé appelé à devenir un des premiers spécimens de ces sortes de chemins ; sa conception a été le résultat de nombreuses études sur les chemins de fer construits en Europe, et d'une minutieuse analyse des conditions techniques et économiques qui doivent présider à l'établissement des lignes à petit trafic. Nous avons recherché avec soin toutes les économies qui ne portaient pas atteinte à la solidité et à la sécurité, et construit le chemin pour les besoins du présent et non pour ceux d'un avenir incertain.

Une longue pratique de l'industrie des chemins de fer nous avait démontré que

la construction de ces voies de communication qui apportent avec elles la célérité, la régularité et le bas prix dans les transports, n'avait d'autres limites que le prix même d'établissement et que tout ce qui concourrait à son abaissement concourrait par cela même à l'extension des voies ferrées.

Lorsque nos grandes lignes sont venues se substituer au roulage, ce dernier opérait ses transports au prix moyen de vingt centimes la tonne et le kilomètre, on sait l'immense développement que la production a reçu des bas prix perçus par les chemins de fer. Sur la plupart des routes actuelles le roulage ne prend pas moins de 35 centimes en moyenne par tonne et par kilomètre, et l'on comprend par suite que toutes les localités éloignées des voies ferrées, ne pouvant plus soutenir la concurrence avec celles situées sur leurs parcours, réclament avec instance les avantages économiques qu'elles procurent, et s'imposent souvent les plus lourds sacrifices pour les obtenir.

La nécessité d'étendre le réseau français ressort aussi de sa comparaison avec les réseaux des autres États de l'Europe. Ainsi, tandis que plusieurs de ces Etats possèdent 6, 7 et 8 kilomètres de chemins de fer par myriamètre carré, la France n'exploite en ce moment que 2k,700, et lorsque son réseau concédé de 21.000 kilomètres sera achevé, elle n'aura pas encore 4 kilomètres par myriamètre carré. Sans réclamer pour la France les 8 et 9 kilomètres que la Belgique et l'Angleterre posséderont bientôt, on peut bien admettre, ce que d'ailleurs les demandes présentées justifient, que 6 kilomètres au moins par myriamètre lui sont nécessaires et qu'une extension de 10,000 kilomètres de lignes secondaires doit encore être donnée à son réseau d'intérêt général.

Or, ce dernier réseau, dont la dépense totale d'établissement pour 21.000 kilomètres est évaluée à 9.200.000.000 fr., soit 440.000 fr. par kilomètre, ne peut servir de type au réseau complémentaire des lignes secondaires à établir, et c'est dans les pays voisins du nôtre, où les lignes se construisent avec plus de simplicité que nous devons chercher des enseignements. Pour les grandes lignes, par exemple, nous trouvons un ensemble de 96 chemins d'une longueur de 20.300 kilomètres construits en Belgique, en Hollande, en Allemagne et en Suisse qui n'a coûté que 5.400.000.000 fr., soit 266.000 fr. par kilomètre. Notre réseau pour une longueur sensiblement la même présente donc une augmentation de 174.000 fr. par kilomètre ou de 65 p. 100 sur les dépenses de nos voisins.

Il ne paraît pas possible en outre que les lignes secondaires soient entreprises par les six grandes compagnies auxquelles l'État a concédé les 92 centièmes de notre grand réseau d'intérêt général.

En effet, pour ces six compagnies, l'ancien réseau d'une longueur totale de 8.391 kilomètres va revenir en moyenne à 468.366 fr. le kilomètre, et, déduction faite des subventions de l'État, à 382.667 fr. Le second réseau d'une longueur de 11.047 kilomètres est évaluée à 438,933 fr. le kilomètre, et ressortira aux compagnies, déduction faite des subventions de l'État, au prix de 382.742 fr.

Mais tandis que l'ancien réseau se suffirait largement à lui-même avec une recette brute kilométrique toujours croissante qui a atteint en 1866, 62.234 fr., en laissant un produit net de 39.016 fr., le second réseau, dont les recettes vont en diminuant au fur et à mesure qu'il s'allonge, n'a donné pour 5.954 kilomètres exploités en 1866 qu'une recette brute kilométrique de 21.720 fr., laissant un produit net de 9.793 fr. inférieur au quart de celui de l'ancien réseau.

Ces résultats étaient sans doute plus ou moins prévus, et pour assurer l'exécution

u second réseau, l'état et les grandes compagnies ont dû s'imposer les lourdes harges insérées dans les conventions de 1859 et 1863.

Par ces conventions, l'État qui accorde au second réseau 619.000.000 fr. de sub- ɜntions en argent ou en travaux, s'est engagé en outre à garantir aux compagnies, à res d'avances. un minimum d'intérêt de 4.65 p. 100 sur un capital d'établissement 4.216.000.000 fr., soit un revenu ou produit net de 196.000.000 fr., ou de 17.800 fr. ır kilomètre.

Les compagnies ont à prélever sur les recettes nettes de l'ancien réseau la portion intérêt que les 4.65 p. 100 garantis ne couvrent pas, et sous le nom de *déversoir*, ıte la portion du produit net qui dépasse un certain revenu réservé, mais non ranti à l'ancien réseau.

Or, pour l'année 1866, il résulte des comptes rendus présentés aux assemblées gé- rales : 1° que sur 5.954 kilomètres exploités en moyenne dans l'année, 4.479 kilo- tres seulement étaient entrés dans la période d'application des conventions de 59 et 1863, et avaient coûté 2.090.000.000 fr., soit 466.000 fr. par kilomètre.

° Que la charge des emprunts correspondants a été de...			118.684.604 fr.
produits nets de l'exploitation de........................			46.853.533 »
ı est résulté une insuffisance de........................			71.831.071 »
a été couverte :			
les Compa-	Complément d'intérêt.....	20.075.744 fr.	44.312.904 »
s, savoir :	Déversoir.................	24.237.160 »	
ar l'État, à titre d'avances..............................			30.518.167 »

: comme quatre Compagnies seulement ont réclamé des avances de l'État, pour longueur exploitée de 3.420 kilomètres, on voit que ces avances représentent 3 fr. par kilomètre.

ı comprend donc qu'après s'être imposé des charges éventuelles aussi lourdes, grandes Compagnies refusent tout accroissement nouveau de leurs réseaux et l'État renonce à s'imposer pour des embranchements d'un intérêt secondaire, acrifices qu'il avait consentis pour assurer l'établissement des lignes d'intérêt ral.

allait donc rechercher système nouveau de construction, d'exploitation et de ɜssion, pouvant facili l'exécution des lignes nouvelles.

st ce qu'a fait l'administration supérieure, et, en novembre 1861, le ministre des ux publics formait, sous sa présidence, une commission chargée d'étudier la ruction et l'exploitation à bon marché des chemins de fer, en examinant parti- rement, « *si les conditions actuelles de tracé, de courbes, de rampes et d'ex- tation ne devaient pas être modifiées de manière à garder une juste mesure en- les dépenses de construction et d'exploitation des nouvelles lignes et leur trafic bable.* »

travaux très-remarquables de cette commission, qui a envoyé de nombreuses ɔns à l'étranger, ont été, en 1863, l'objet d'une publication officielle importante, ı trouve dans les conclusions de son rapport :

ue la plus grande latitude devrait être laissée, tant à l'administration pour ɔriser, qu'au concessionnaire pour construire et exploiter les chemins d'intérêt al. »

« *Qu'à l'égard de l'exploitation de ces lignes, la réglementation administrative*
« *pourrait se borner aux mesures de police indispensables à la sécurité* publique. »

Quant au système de concession, la loi du 12 juillet 1865 sur les chemins de fer d'intérêt local a admis en principe, qu'à l'avenir ces chemins seraient exécutés avec le concours combiné des départements, des communes, des propriétaires intéressés, de l'État et des concessionnaires, et a dévolu aux conseils généraux et aux préfets une grande partie des pouvoirs administratifs exercés pour les grandes lignes par l'administration supérieure.

Quoique le chemin de fer de Fougères ait été concédé par le gouvernement dans les formes ordinaires, nous avons trouvé auprès de l'administration les facilités les plus grandes pour le faire jouir des avantages de la loi du 12 juillet 1865, et garder une juste mesure entre les dépenses de construction et d'exploitation et son trafic probable, de façon à assurer une rémunération équitable aux capitaux engagés par les particuliers.

Notre premier soin a été de nous livrer à l'étude du trafic probable, et nous l'avons fait en nous servant à la fois des relevés de circulation sur les routes dont le chemin de Fougères devait absorber une partie du mouvement, des tableaux de recettes des octrois des villes traversées, et des arrivages à la gare de Vitré provenant de la direction de la ligne à construire.

Ces divers documents, contrôlés les uns par les autres, accusaient un mouvement journalier à la distance entière, de 326 tonnes de marchandises et de 275 voyageurs; nous avons cru prudent de n'attribuer au chemin de Fougères qu'un trafic de 104 tonnes et de 124 voyageurs.

En appliquant à ces transports des tarifs qui, pour les marchandises, représentent une économie de 40 à 50 p. 100 sur les prix du roulage et pour les voyageurs un prix sensiblement égal à celui des diligences, nous avons trouvé que la ligne de Fougères pouvait compter sur un produit brut kilométrique de 8,600 fr. environ.

Les dépenses d'exploitation ont été évaluées en ayant égard aux circonstances spéciales dans lesquelles elles doivent se produire, c'est-à-dire, exploitation en navette sans service de nuit, de trains peu chargés circulant à la vitesse moyenne de 30 kilomètres à l'heure. En admettant un parcours annuel de 81.000 kilomètres, et ayant calculé que le kilomètre de train reviendrait à 2 fr. 50, nous avons obtenu en chiffre rond, 5,600 fr., pour les dépenses d'exploitation par kilomètre, et par suite un produit net de 3.000 fr., soit de 111.000 fr. pour la ligne entière.

Le produit net permettait donc d'assurer une rémunération convenable à 1,800,000 fr. du capital industriel; mais toujours sous la condition expresse que, y ajoutant les subventions données à titre gratuit, la dépense totale ne dépassât pas 2,500,000 fr.

C'est avec d'aussi faibles ressources que nous avons abordé les études définitives de la ligne de Fougères et nous avons cru à l'origine que nous ne pourrions arriver à créer qu'un chemin à voie étroite avec un matériel fixe et roulant très-légers.

Mais outre que la ville de Fougères, qui s'était imposé de grands sacrifices, réclamait l'établissement d'un chemin à voie ordinaire, pouvant être ultérieurement prolongé vers la mer, nos calculs nous démontrèrent bientôt que l'économie ne serait pas assez grande pour compenser les inconvénients d'avoir un matériel spécial et des transbordements obligatoires à la station de raccordement avec la ligne de l'Ouest.

Nous avons recherché alors, partout où nous avons pu les trouver, des précédents pouvant nous servir de guide pour la construction d'un chemin à bon marché.

Les chemins d'Alsace, qui s'achevaient à cette époque, nous ont montré que trois lignes d'un développement total de 90 kilomètres avaient coûté 111.972 f. le kilomètre, se décomposant comme suit :

1° Administration, personnel, etc.	5.364 fr.
2° Acquisitions de terrains.	18.143 »
3° Terrassements, ouvrages d'art, voie, stations, etc	68.465 »
4° Matériel roulant	20.000 »

Ces lignes, construites avec les ressources et les facilités de la loi du 21 mai 1836, sur les chemins vicinaux, dans une contrée exceptionnellement facile, ne pouvaient complétement servir de modèle au chemin de Fougères, assimilé par son cahier des charges aux lignes du 3e réseau, et assujetti, comme tous les chemins de fer d'intérêt local, aux formalités de la loi du 3 mai 1841 sur l'expropriation.

Nous avons trouvé dans les documents officiels de l'enquête sur la construction et l'exploitation des chemins de fer, publiés en 1863, des rapports très-intéressants de notre collègue M. Bergeron et de M. Lan ingénieur des mines, sur les nombreuses lignes secondaires construites en Écosse, que la commission d'enquête leur avait donné mission d'étudier sur les lieux.

Nous avons lu attentivement ces rapports, et pour rendre plus comparables les renseignements donnés sur chaque ligne, nous avons dressé des tableaux dans lesquels nous avons décomposé, puis groupé les chiffres fournis par MM. Lan et Bergeron, d'après des comptes rendus souvent fort dissemblables dans l'établissement des dépenses.

Il résulte de ces tableaux que, sur dix lignes construites en Écosse et présentant un développement total de 344 kilomètres, plusieurs sont revenues à moins de 93.000 fr. le kilomètre, et que la moyenne, dans laquelle se trouvent comprises des lignes assez importantes construites en partie à deux voies, ne s'élève qu'à 126.710 fr. par kilomètre, ainsi décomposés :

Administration, personnel, frais généraux, etc.	11.366 fr.
Acquisitions de terrains.	12.611 »
Terrassements, ouvrages d'art, voie et stations.	93.616 »
Matériel	9.117 »
Total	126.710 »

La ligne la moins chère, celle de *Banft, Portsoy et Strathisla*, d'une longueur de 30 kilomètres, a coûté 82,251 fr. par kilomètre, y compris une résiliation de marché qui a chargé la dépense de 4,687 fr. par kilomètre. Cette ligne a des clôtures et dix stations, et a payé ses rails 225 fr. la tonne.

La ligne la plus chère est celle de *Inverness et Aberdeen Junction;* elle a une longueur de 64 kilomètres, et traverse un pays accidenté, elle a coûté 173.675 fr. par kilomètre.

Les tableaux montrent également que les moyennes ci-dessus sont comprises entre les minima et maxima suivants :

	Dépenses kilométriques	
	Minima.	Maxima.
Administration, personnel, frais généraux, etc.	6.374f	26.594f
Acquisitions de terrains	3.240	18.839
Terrassements, ouvrages d'art, voie et stations	55.475	141.116
Matériel roulant	3.986	17.375

Nous avons fait, pour les renseignements fournis sur l'exploitation des chemins d'Écosse, des décompositions analogues à celles de la construction, et nous avons trouvé que pour neuf lignes observées, d'une longueur totale de 250 kilomètres, la moyenne des produits bruts par kilomètre était de 11.055 fr., et celle des dépenses d'exploitation de 5.475 fr., ainsi décomposées :

	DÉPENSES	
	Par kilomètre de chemin.	Par kilomètre de train.
Administration, frais généraux	1093^f	0^f.41
Trafic et mouvement	1494	0 .56
Traction et matériel	1964	0 .74
Voie et surveillance	924	0 .34
Totaux	5475	2 .05

Qu'enfin la moyenne kilométrique des dépenses d'établissement de ces neuf lignes étant de 149.659 fr., le produit net de 5.580 fr. constituait un revenu moyen de 5 p. 100.

Les chemins d'Écosse présentaient donc des exemples très-encourageants que nous nous sommes appliqué à suivre, en nous renfermant autant que possible dans les dépenses minima de chaque ligne.

Ainsi que les ingénieurs écossais, nous avons compris que toute l'économie du chemin résidait dans le choix du tracé qui doit pour ainsi dire *lécher* le sol, en évitant les ouvrages dispendieux, mais les conditions économiques de la traction n'étant pas les mêmes en France qu'en Écosse, nous avons cru devoir renoncer tout d'abord à l'emploi des fortes rampes et des petits rayons que présentent la plupart des chemins d'Écosse.

La voie et le matériel fixe devant fournir la plus forte partie des dépenses d'établissement, nous avons tenu à ne pas dépasser pour les rails le poids de 30 kilogrammes par mètre courant, et cette condition nous entraînait à ne pas employer des machines d'un poids supérieur à 14 à 15 tonnes correspondant au poids des wagons les plus lourdement chargés.

Le poids des machines ainsi fixé *à priori*, nous en avons déduit qu'elle pouvait être, pour un train à remorquer du poids de 80 tonnes au maximum, la limite de rampe que nous pouvions admettre, et le calcul nous a donné l'inclinaison de 15 millimètres par mètre.

Enfin en arrêtant que l'écartement des roues extrêmes ne dépasserait pas 3 mètres, nous avons vu que nous pouvions sans inconvénient adopter des rayons de 300 mètres et au besoin de 250 mètres.

Les conditions du tracé ainsi fixées en plan et en profil, il y avait à rechercher si le terrain se prêterait à son établissement. La difficulté était grande, parce que la contrée à traverser est constituée par les terrains de transition inférieurs et moyens, présentant souvent le granite et les roches cristallisées qui l'accompagnent, de sorte que toute tranchée un peu profonde devait entraîner des déblais très-onéreux.

De plus, dans cette partie de la Bretagne où le sol est très-tourmenté, on avait à franchir deux faîtes, dont l'un sépare le bassin de la Manche de celui de l'Océan, pour redescendre ensuite dans des vallées sinueuses et encaissées. On se rendra compte des

ifficultés rencontrées en examinant que le tracé, qui part de Vitré à la cote de 87^{m},60 our arriver à Fougères à la cote de 92^{m},90, n'a pu éviter de rencontrer sur son par- »urs les altitudes de 61^{m},70 ; 92^{m},75; 134^{m},55 et 70^{m},80. C'est ce qui explique allongement de 9 kilomètres qu'il présente sur la route directe de Vitré à Fougères, ui n'a que 28 kilomètres, mais qui a des rampes considérables.

L'adoption des rampes de 20 millimètres aurait pu permettre de réduire la lon- ieur du parcours de 3 à 4 kilomètres ; mais cet avantage aurait été plus que com- insé par les inconvénients que nous avons signalés plus haut. Nous avons montré issi que les prix de transports avaient été établis sans avoir égard à la longueur rcourue.

Les difficultés de l'établissement du tracé ont été assez heureusement vaincues, rès bien des recherches et des études faites dans de nombreuses directions, comme peut en juger par la description suivante :

En plan, le tracé se décompose en 80 alignements droits d'une longueur totale de .500 mètres, soit 52.5 p. 100 et 79 courbes développant 17.500 mètres, savoir :

4 courbes de 250 mètres de rayon développant.	1.300 mètres.
41 courbes de 300 mètres de rayon développant.	8.000 —
6 courbes de 350 et 400 mètres de rayon développant. . .	1.500 —
28 courbes de 500 mètres et au-dessus de rayon développant.	6.700 —

'outes les courbes sont séparées par des alignements de plus de 100 mètres.

.e profil en long présente 46 paliers d'une longueur totale de 15.400 mètres, soit p. 100 du chemin, et 54 déclivités d'un développement de 21.600 mètres, oir :

13 rampes de 0^{m},015, d'une longueur de.	5.500 mètres.
9 pentes de 0^{m},015, d'une longueur de	6.500 —
10 rampes de 0^{m},010 à 0^{m},015, d'une longueur de.	2.500 —
7 pentes de 0^{m},010 à 0^{m},015, d'une longueur de	1.900 —
11 rampes inférieures à 0^{m},010, d'une longueur de	4.300 —
4 pentes inférieures à 0^{m},010, d'une longueur de. . . .	900 —

'examen du profil montre que les pentes compensent sensiblement les rampes, ue les fortes déclivités sont assez bien réparties sur toute la longueur de la ».

› calcul des terrassements, d'après les profils, avait donné un cube total de 000 mètres cubes, soit 6 mètres par mètre courant, qui s'est trouvé mathémati- nent vérifié par l'exécution.

›s déblais comme les remblais, atteignant rarement 3 mètres de hauteur, ont ié lieu à des emprises de terrains de 12 mètres de largeur en moyenne seule- t, et ont permis en outre de réduire l'importance des ouvrages d'art courant.

›us avions donc pu, comme vous voyez, obtenir un tracé économique comme truction et exploitation, et concevoir, dès 1865, les espérances les plus fondées a somme de 67.500 fr. par kilomètre nous suffirait pour construire le chemin de à Fougères. Ces espérances ont été réalisées, et il nous reste à vous rendre ›te comment ce coût kilométrique a été réparti entre les différents chapitres et les de dépense.

Les frais généraux d'administration, comprenant les dépenses antérieures à la constitution, le conseil d'administration, les études définitives, le personnel, les frais de bureau et de location, ainsi que les intérêts payés pendant la construction, évalués à 210.000 fr., soit 5.700 fr. par kilomètre, n'ont pas été dépassés.

Les frais d'études définitives, dont vous avez pu juger l'importance, entrent dans ce chiffre pour près de 700 fr. par kilomètre, et le personnel de la surveillance des travaux, pour 1.700 fr. environ ; les intérêts et commissions de banque, pour 1.500 fr. par kilomètre.

L'exiguïté du chiffre de 5.700 fr. témoigne du désintéressement avec lequel chacun a concouru à l'exécution du chemin ; mais néanmoins il est faible, il n'a pas permis de marcher avec toute la célérité désirable, et la compagnie aura peut-être à regretter un jour une trop grande parcimonie dans ses dépenses d'administration.

Les acquisitions de terrains ont, comme il arrive souvent, donné lieu à des mécomptes ; évaluées primitivement à 6.000 fr., elles se sont élevées à 7.800 fr., par suite d'extensions données aux gares de Vitré et de Fougères, qui ont entraîné l'acquisition de terrains bâtis.

Les décisions des jurys, qui ont eu à régler 78 indemnités sur 207, ont aussi augmenté sensiblement les prix prévus.

Le prix moyen de l'hectare a été de 8.055 fr. dans l'arrondissement de Vitré, à 4.730 dans celui de Fougères, et de 6.595 pour la ligne entière.

Les terrassements ont donné lieu à un mouvement de terre de 262.600 mètres, dont :

pour la plate-forme du chemin	220.000 mètres.
pour déviations et dérivations.	30.000 —
pour l'emplacement des stations	12.600 —

sur lesquels 230.000 mètres se sont composés de terres de première et deuxième espèce, et 32.000 seulement en rocher, ce qui fait que le prix moyen du mètre cube pour fouille, charge, transport et régalage, n'a pas atteint 1 fr. 20.

La dépense totale des terrassements s'est élevée à 300.000 fr., soit par kilomètre à 8.100 fr.

Les ouvrages d'art sont nombreux ; mais, comme nous l'avons dit, le tracé s'est appliqué à diminuer leur importance et, autant que possible, leur nombre. Mais on ne pouvait éviter de traverser la vallée de la Vilaine, et ce passage devait nécessairement entraîner des travaux considérables, parce que, partant de la station de Vitré à la cote de 87m,60, on trouvait à peu de distance le thalweg de la vallée à la cote 61m,60. Cette vallée a été franchie à 750 mètres de l'origine du chemin, en un point où elle ne présentait que 400 mètres de largeur ; les études faites sur la manière la plus économique de la franchir, ont conduit à la construction d'un viaduc de 115 mètres de longueur et de 21 mètres de hauteur, séparant des remblais d'un cube total de 60.000 mètres.

Les dimensions du viaduc étant fixées, nous avons recherché quel serait le mode de construction qui entraînerait la moindre dépense, et, après diverses études comparatives entre les tabliers métalliques et les arches en maçonnerie de différentes ouvertures, nous avons arrêté que le viaduc, construit entièrement en maçonnerie, serait composé de 9 arches en plein cintre de 10 mètres d'ouverture.

Sa construction a exigé l'emploi de 5.000 mètres cubes de maçonnerie : les angles, les voussoirs et les cordons sont en granit ; les voûtes formées par des assises réglées, et les parements et tympans par des maçonneries en mosaïque sont [illegible]

moellons granitiques; les remplissages, en moellons de schiste. Malgré le haut prix de la maçonnerie d'appareil de granit, qui a été payé 81 fr. et 105 fr. le mètre cube, le viaduc n'est revenu qu'à 138.000 fr., dont voici le sous-détail :

Fouilles et épuisements	9.500 fr.
Maçonnerie de toute nature	114.680
Cintres pour location à forfait	10.000
Garde-corps en fer	2.695
Accessoires et divers	1.125
Total	138.000 fr.
Soit, par mètre courant	1.200 fr.
Et par mètre superficiel en élévation	56 fr.

Les autres ouvrages d'art se composent de :

Pont par dessus de 10 mètres d'ouverture	1
Pont par dessus de 4m,50 d'ouverture	3
Pont de 6 mètres d'ouverture	3
Pont de 5 mètres d'ouverture	1
Pont de 4 mètres d'ouverture	3
Ponteau de 2 mètres d'ouverture	1
Aqueduc de 1m,50 d'ouverture	3
Aqueduc de 1 mètre d'ouverture	11
Aqueduc de 0m,80 à 0m,70 d'ouverture	20
Aqueduc de 0m,60 à 0m,40 d'ouverture	18
Dallots, caniveaux et gargouilles	30

L'ensemble de ces 94 ouvrages a coûté 100.350 fr., sur lesquels 12 ponts et ponceaux, dont 9 à superstructure métallique entrent pour 68.756 fr.

L'établissement de la plate-forme de la station de Vitré a nécessité la construction de 300 mètres de murs de soutènement, qui ont coûté 31.750 fr.

En résumé, le chapitre des ouvrages d'art a donné lieu à une dépense totale de 270.000 fr., soit 7.300 fr. par kilomètre, dans laquelle le viaduc entre à lui seul pour plus de la moitié.

Il a été établi en outre 38 passages à niveau, qui ont porté à 42 le nombre des passages, soit en moyenne un passage par 880 mètres de longueur de chemin.

Le débouché linéaire total pour les écoulements d'eau est de 96 mètres, ce qui donne 2m,60 de débouché par kilomètre.

Le ballastage a été fait avec les matériaux rencontrés sur le tracé ou dans son voisinage, et se compose de pierres cassées, de schiste brisé et de sable granitique légèrement argileux. On en a employé en moyenne 1m,60 par mètre courant, au prix de 2f.73 le mètre cube, ce qui constitue une dépense de 4.600 fr. par kilomètre, en y comprenant le ballastage des stations.

La voie de fer est composée de rails Vignoles, du poids de 30 kilogrammes le mètre, éclissés aux joints et fixés par des crampons en fer sur des traverses en chêne, moyennement espacées de 1 mètre.

Elle est revenue à 21 fr. le mètre courant, se décomposant ainsi :

Traverse, en moyenne	4f.75
Rails, éclisses, boulons et crampons	14 .42
Sabotage, coltinages et pose	1 .83
Total	21f.00

Aux 37.000 mètres de la voie principale, on a eu à ajouter 2.400 mètres pour les voies des stations, ce qui a porté le prix du kilomètre de voie à 21.362 fr.

Le matériel fixe qui se compose de 17 chargements de voie, de 8 plaques tournantes, de traversées de voie et divers accessoires, s'est élevé à 60.600 fr., soit 1638 fr. par kilomètre.

La dépense totale du chapitre voie de fer et accessoires de la voie est de 888.000 fr., soit 24.000 fr. par kilomètre.

Les stations se composent de deux gares assez complètes aux terminus de Vitré et Fougères, d'une station de minime importance vers le milieu de la ligne à Châtillon et de trois arrêts pour lesquels on utilise les maisons de garde des passages à niveau voisins.

En conformité d'un avis de la commission d'enquête, dont nous vous avons souvent parlé, qui a proposé « *d'autoriser les Compagnies, dans la construction des* « *chemins nouveaux, à établir les stations dans les conditions d'une extrême simpli-* « *cité et dans certains cas même à n'y élever que de simples hangars,* » nous n'avons prévu que des installations modestes, proportionnées aux premiers besoins du service. Néanmoins, tous les bâtiments qui les composent ont une certaine étendue, et chaque gare est pourvue : d'un bâtiment de voyageurs, de quais à marchandises avec halle ouverte, de remise de voitures et de dépôt pour les machines. à Fougères nous avons établi, en plus, un atelier pour les petites réparations et un magasin général pour les besoins de l'exploitation.

Il a été construit onze maisons de gardes et quinze guérites pour le service des passages à niveau.

Trois alimentations, avec cuves en tôle de 20 mètres cubes de capacité, ont été installées à Vitré, Fougères et Châtillon ; les pompes des deux premières sont mises en mouvement par des moteurs à vapeur.

Trois grues fixes, de 3.000 et 6.000 kil. de puissance, ont été placées sur les quais à marchandises de Vitré et Fougères, et une grue mobile de 6.000 kil. complète le service des manutentions.

Les dépenses totales de ce chapitre qui comprend les bâtiments de toute nature des gares et stations, les maisons de garde, le mobilier des stations, grues, véhicules, etc., la télégraphie électrique, le service de l'eau et les aménagements divers et clôtures des cours et abords, s'élèvent à 185.000 fr., soit 5.000 fr. par kilomètre.

Pour le matériel roulant, nous nous sommes appliqué, comme pour toutes les autres dépenses, à ne réunir dans les débuts de l'exploitation que le matériel indispensable aux premières prévisions du trafic; et, en conséquence, il n'a été commandé que trois locomotives, quatre voitures à voyageurs et vingt wagons à marchandises.

Les locomotives ont été construites sur des projets spécialement étudiés pour les besoins des chemins de fer d'intérêt local, par notre habile collègue M. Forquenot ; ce sont des machines-tender à quatre roues, pesant 15 tonnes à vide, et rien n'a été négligé dans les études d'ensemble et de détails, comme le choix des matières entrant dans leur construction, pour en faire de véritables types de machines pouvant faire un long et excellent service, en donnant lieu à un faible entretien.

Les quatre voitures à voyageurs se composent : de deux voitures mixtes à quatre compartiments, dont un de 1re à 10 places, un de 2me à 12 places et deux de 3me de 12 places chacun; elles pèsent 5.840 kilogrammes chacune; deux autres voitures ont en plus une impériale fermée, contenant 32 places de 3me classe et pèsent

7.000 kilogrammes chacune; c'est donc en tout 248 places, dont l'exploitation peut disposer dans les quatre voitures livrées; il aurait fallu au moins sept des voitures ordinairement employées sur les grandes lignes pour les remplacer, et ces dernières auraient exigé des remisages plus étendus.

Ces voitures ont été livrées au prix de 7,200 francs les voitures sans impériale, et de 8,500 francs les voitures à impériale, ce qui met à 156 francs chaque place des premières et à 109 francs chaque place des voitures à impériale.

Les wagons à marchandises sont des mêmes types et dimensions que ceux du chemin de l'Ouest.

Le petit nombre de wagons à marchandises commandé tient à ce que le chemin de fer de Fougères ne doit être, en réalité, qu'un correspondant du chemin de l'Ouest qui lui remet à Vitré les wagons chargés sur ses lignes en destination de Fougères et en reçoit ensuite les mêmes wagons rechargés, pour les ramener au delà de Vitré. Le matériel du chemin de Fougères ne doit donc servir qu'au trafic de station à station entre Fougères et Vitré, et au besoin à transporter les marchandises qui ne pourraient former un chargement complet, ou qui ne pourraient attendre l'arrivée du matériel de la grande ligne.

Le nombre des machines nous a paru suffisant parce qu'il s'agit d'une exploitation en navette, dans laquelle trois trains dans chaque sens feront un parcours journalier de 222 kilomètres qu'on peut faire faire par une seule machine, et un parcours annuel de 81,000 kilomètres environ, ne donnant pour chaque machine qu'un travail de 27,000 kilomètres.

Il ne faut pas perdre de vue, enfin, qu'il s'agit d'un chemin dont le trafic est évalué de 8 à 10,000 francs par kilomètre, et le mouvement journalier moyen à 106 tonnes de marchandises et 124 voyageurs, et qu'avec trois trains dans chaque sens, composés de 1 fourgon à bagages, 1 voiture à voyageurs de 46 ou 78 places, et 4 ou 5 wagons à marchandises chargés en moyenne de 5 tonnes, on fera facilement face aux nécessités du trafic.

Un chemin de fer d'intérêt local ne pouvant jamais entreprendre les grosses réparations de son matériel, nous n'avons commandé que les outils nécessaires pour un petit entretien, tels que : une machine à percer, un tour à chariot, un tour à engrenages avec banc de 6 mètres de long, une forge et les étaux et outils divers nécessaires pour le travail de la forge et de l'ajustage.

Les dépenses de ce chapitre se composent de :

3 locomotives	90,000 fr.
4 voitures à voyageurs	31,200
20 wagons à marchandises	46,960
Atelier de réparations et divers	16,900
Total	185,000 fr.

soit 5,000 fr. par kilomètre.

Ce chiffre, comme on voit, s'éloigne notablement de ceux généralement admis en France, et même en Belgique, où on admet que la dépense kilométrique du matériel roulant doit être égale au produit brut kilométrique de la ligne à desservir; mais il est à observer que le chemin de Fougères n'a pas à réunir tous les wagons nécessaires au service de la marchandise et que son exploitation doit se faire en navette.

En résumant les divers chapitres de dépenses que nous venons d'analyser on trouve :

DÉSIGNATION DES DÉPENSES.	DÉPENSES		PART pour 100.
	Totales.	Par kilomètre.	
1° Administration, personnel, frais généraux, etc.	210.900f	5.700f	8.5
2° Acquisitions de terrains..................	288.600	7.800	11.6
3° Terrassements.........................	299.700	8.100	12.0
4° Ouvrages d'art.........................	270.100	7.300	10.8
5° Ballastage.............................	170.200	4.600	6.8
6° Voie de fer et ses accessoires...............	888.000	24.000	35.5
7° Stations, constructions diverses, mobilier, etc..	185.000	5.000	7.4
8° Matériel roulant.......................	185.000	5.000	7.4
Totaux............	2.497.500	67.500	100.0

Il est à remarquer que dans la dépense totale de 2.500.000 fr., le dernier kilomètre qui comprend les expropriations des terrains bâtis de la ville de Vitré, une tranchée dans le rocher et le viaduc de la Vilaine et ses abords, entre pour près de 500.000 fr., de sorte que les 36 kilomètres restant n'ont coûté que 2.000.000 fr. environ, soit 56.000 fr. par kilomètre.

M. Debauge joint à l'appui de cette communication les documents suivants, dans le but d'être utile aux membres de la Société qui ont à s'occuper de la question des chemins de fer d'intérêt local :

1° Le rapport à l'assemblée générale des actionnaires du chemin de fer de Vitré à Fougères, du 12 mai 1866, qui reproduit en grande partie le mémoire à l'appui des avant-projets présentés à l'administration supérieure, en avril 1865;

2° Le rapport présenté à l'assemblée générale du 5 avril 1866;

3° Un tableau récapitulatif des dépenses d'établissement de quelques embranchements construits par des compagnies locales;

4° Un tableau récapitulatif des résultats de l'exploitation de quelques lignes secondaires et embranchements construits par des compagnies locales;

5° Un tableau donnant approximativement les dépenses d'exploitation de lignes d'intérêt local de 30 et 50 kilomètres de longueur, pour des recettes brutes variant de 6.000 à 20.000 fr. par kilomètre;

6° Un tableau graphique représentant les dépenses kilométriques des diverses sections du chemin de Fougères et celles des chemins d'Alsace et d'Écosse.

7° Les plans et profil en long du chemin de Fougères, avec un tableau des dépenses divisées par lots d'entreprise;

8° Une note à l'appui du tableau précédent;

9° Une photographie du tableau exposé à l'Exposition universelle de 1867, sur le chemin d'intérêt local de Vitré à Fougères.

M. le Président fait observer qu'afin d'obtenir un tracé très-économique, c'est-à-dire de réduire à la fois la superficie du chemin, les terrassements et les ouvrages d'art, il a fallu éviter les accidents de terrain, de sorte que l'ingénieur a dû porter à 37 kilomètres la longueur du chemin de fer au lieu de 28 kilomètres qu'avait la route :

Vitré à Fougères; cet allongement est insignifiant quant à la durée du trajet, les vitesses de marche étant comme 40 par le chemin de fer à 10 par la route, de sorte que le trajet qui se fait aujourd'hui en 2 heures 48' sera fait en 56 minutes; mais l'allongement de parcours se résout en un tarif. Quels sont les tarifs?

M. Debauge répond que ce sont les tarifs ordinaires qui sont appliqués aux voyageurs, mais qu'en ce qui concerne les marchandises, la compagnie a la faculté d'augmenter ses tarifs de 66 p. 100, et qu'elle n'a pas cru devoir faire payer l'allongement de parcours pour les marchandises. Le roulage entre Vitré et Fougères revenait à 11 fr. 00 la tonne, soit environ à 0 fr. 35 par kilomètre, tandis que le chemin de fer ne demande que de 12 à 14 centimes, soit 5 fr.

Répondant à une observation sur la dépense des terrains qui paraît élevée, M. Debauge fait observer que les expropriations à Vitré et à Fougères ont été onéreuses, et qu'elles se sont naturellement fait sentir sur une ligne d'un aussi faible parcours; du reste, le jury de Vitré n'a pas été très-favorable à la compagnie. Il ajoute que le profil du chemin de fer n'a donné lieu à de si faibles terrassements que parce qu'il s'est maintenu à la superficie du sol. Il a ainsi beaucoup réduit le nombre et l'importance des ouvrages d'art en dessus et en dessous et augmenté le nombre des passages à niveau, de telle sorte qu'on en compte 38 dont 9 seulement sont pourvus de maisons de garde. De simples guérites suffisent au gardiennage des autres passages. Pour les ouvrages d'art qui sont au nombre de 4 en dessus et de 8 en dessous, non compris les aqueducs, on a généralement employé la maçonnerie. Cependant, 9 ponts ont été établis avec superstructure métallique, dans les endroits où la hauteur pour faire les ouvrages en maçonnerie était insuffisante. Les murs en aile ou en retour ont été employés suivant les hauteurs. Ce n'est pas sur les ouvrages d'art que l'on a cherché a réaliser des économies, ces dernières ne proviennent que du tracé. La plate-forme à 5^{m}.37 suivant les conditions ordinaires des chemins à une voie. Mais la largeur moyenne du chemin de fer n'est que de 11^{m}; il n'y a pas de clôture; la loi du 12 juillet 1865, laissant cette faculté, toutes les fois que l'on peut prendre des arrangements avec les riverains. Sur la ligne de Vitré à Fougères, on a traité à raison de 0 fr. 25 par mètre courant, avec les propriétaires qui désiraient se clore eux-mêmes. Pour la voie on a employé le rail Vignolle de 30 kilog., type du chemin de fer du Nord.

M. le Président demande si une réduction dans la largeur de la voie n'eût pas offert le moyen de réaliser une économie considérable. Les frais de transbordement des marchandises qui varient de 0,12 à 0,20 c. par tonne, ne dépassant pas un demi-centime par kilomètre sur un chemin de 37 kilomètres, auraient peut-être laissé une grande valeur à l'emploi d'une voie réduite. La compagnie de Fougères à Vitré ne pouvant espérer d'affranchir ses voyageurs d'un transbordement à Vitré, l'intérêt d'une voie de 1^{m},50 se réduit au seul transbordement des marchandises.

M. Debauge répond qu'il a en effet étudié un projet à voie réduite, mais que la ville de Fougères s'est montrée tout à fait opposée à la réduction de la voie.

M. Mayer demande si les facilités résultant pour la compagnie du chemin de Vitré à Fougères, par rapport aux grandes compagnies, soit des clauses de son cahier des charges, soit de l'interprétation qui leur est donné dans l'exécution, si ces facilités peuvent expliquer la faible dépense du chemin de Fougères.

M. Debauge répond que le cahier des charges du chemin de Vitré à Fougères ne diffère pas de celui des autres chemins de fer.

C'est celui des 2e et 3e réseaux, dans lequel on a supprimé les cinq articles relatifs à certaines gratuités ou réductions des prix de transport.

Il ajoute que, en cours d'exécution, il a toujours trouvé appui et bienveillance auprès des ingénieurs chargés du contrôle; ainsi, plusieurs fois, des chemins latéraux ont été demandés, l'Administration supérieure les a refusés.

M. Mayer serait désireux de savoir si l'établissement des gares, moins développées que sur les grandes lignes, a donné lieu à quelques réclamations soit de la part de l'administration, soit de la part des localités.

M. Debauge répond que non : on lui a laissé toute latitude, et en vertu même de l'avis, résultant de l'examen auquel une commission s'est livrée, il aurait pu se contenter de faire élever de simples hangars, ce qu'il n'a point fait, car les bâtiments des stations sont revenus en moyenne à 100 fr. le mètre carré. La station de Fougères, seule, a coûté 80,000 fr.

M. Faliès revient sur l'allongement de parcours qui est résulté de l'adoption du tracé pour lequel on n'a pas admis de pentes au-dessus de 15 millimètres. Il demande si l'on aurait pu sans inconvénient pour l'exploitation élever les rampes jusqu'à 20 millimètres et raccourcir ainsi le tracé.

M. Debauge pense que dans le cas de l'admission de rampes de 20 millimètres il eût fallu des machines plus fortes ; du reste, on aurait dépensé beaucoup plus en diminuant le parcours, car une première ligne étudiée avec des rampes de 20 millimètres, avait donné 600,000^{m3} de terrassements pour un parcours réduit à 30 kilomètres.

M. Faliès demande comment il se fait que la largeur de l'emprise moyenne n'ait été que de 11 mètres. Cela lui paraît impossible avec les francs bords.

M. Debauge fait remarquer qu'il n'y a point de francs bords, et que les propriétés riveraines commencent là où finit le profil transversal des travaux du chemin de fer, c'est-à-dire les arêtes des talus.

M. Faliès a trouvé très-élevé le prix de 0 fr. 35 c. annoncé par M. Debauge pour le parcours kilométrique routier, d'une tonne de marchandises ; il croit que le prix de revient ne doit guère dépasser 15 centimes.

M. Debauge a beaucoup étudié cette question de transport sur routes et il a constaté que, pour les petits parcours, ce prix de 0 fr. 35 était assez général. Il ajoute que M. Leclerc, inspecteur général des ponts et chaussées, a consulté les ingénieurs locaux à ce sujet, et que le prix de 35 à 36 c. a été généralement donné.

De l'examen auquel M. Debauge s'est livré, sur la question de savoir à quel tonnage annuel devait atteindre le roulage d'un point à un autre, pour qu'un chemin de fer établi entre ces deux points puisse prospérer, il conclut que pour une ligne de 30 kilomètres par exemple, il fallait un roulage annuel de 40,000 tonnes environ.

M. Nordling ne trouve pas étonnant le prix de 0 fr. 35 demandé par les rouliers pour de petits parcours, attendu que dans le Cantal, où, il est vrai de le dire, le roulage n'est pas facile, le chiffre atteint souvent 0 fr. 60.

M. le Président est d'avis qu'il ne faut pas admettre de chiffre absolu dans cette question, et que si l'Administration est fondée à admettre dans ses statistiques officielles le chiffre de 0 fr. 20 par tonne et par kilomètre sur les grandes routes et à longs parcours, elle ne l'applique pas aux chemins vicinaux qui se trouvent dans des conditions très-différentes.

Ainsi, pour ne citer qu'un exemple particulier, M. le Président tient de M. [illegible]

nos que les prix payés par ce dernier, tant pour le transport que pour réparations de chemins vicinaux servant aux usines du Nord, ont atteint jusqu'au chiffre de 0 fr. 65 par tonne et par kilomètre. Dans un rapport présenté au Conseil général d'un des départements du Nord, M. Molinos indique que le prix de transport est au moins de 0 fr. 40 sur les chemins vicinaux.

Il faut donc classer les prix des transports sur les routes et chemins de terre, suivant qu'ils sont effectués sur des chemins plus ou moins bien entretenus, qu'ils sont distribués dans les deux sens ou dans un seul seulement, car l'influence du retour à vide est d'autant plus grande sur le prix que les chemins sont plus défectueux.

M. Faliès demande à M. Debauge si le nombre de wagons qu'il a énoncé serait suffisant à la compagnie de Vitré à Fougères, si la compagnie de l'Ouest ne lui prêtait pas ses wagons.

M. Debauge revenant à la composition du matériel fait observer : 1° que si la compagnie a trois machines locomotives c'est qu'une seule suffit pour faire les 240 kilomètres de parcours quotidien et qu'il reste une machine de secours et une de réserve.

Quant au nombre des voitures, il est très-suffisant pour transporter en moyenne 124 voyageurs par jour par six trains, sur lesquels on doit baser les ressources en matériel.

Enfin, pour les wagons, si la compagnie de l'Ouest n'avait pas été aussi bien disposée pour celle de Vitré à Fougères, une dizaine de wagons supplémentaires n'auraient pas beaucoup augmenté le coût kilométrique du chemin, et 30 wagons auraient suffi pour un transport annuel évalué à 1 480.000 tonnes à 1 kilomètre ; mais cela a même été inutile, grâce au bon vouloir de cette compagnie ; voici, les conditions de location des wagons :

Si le wagon est rendu dans la même journée, on ne paye rien.

Si le wagon est conservé vingt-quatre heures, c'est 1 fr.; le 2e jour, 2 fr.; le 3e jour, 3 fr., et enfin 3 fr. par jour après ce délai.

Ces conditions, grâce aux mesures prises pour utiliser le matériel, n'imposent qu'un sacrifice de 1/2 centime à 1 centime par tonne, sur le tarif de 14 centimes.

Aux observations relatives à l'outillage nécessaire aux réparations et aux appareils d'alimentation d'eau, M. Debauge répond qu'en ce qui concerne les réparations, un outillage plus considérable eût été inutile, puisque la compagnie de l'Ouest pourra au besoin venir en aide à la compagnie. Quant aux alimentations, au nombre de trois, elles se composent de réservoirs en tôle d'une capacité de 20 mètres cubes, et sont desservies, l'une d'elles par une pompe à bras, les deux autres par une pompe mue par une petite machine à vapeur.

M. le Président remercie M. Debauge de son intéressant exposé. Il fait remarquer que l'exemple donné dans cette circonstance prouve à quel point la variété des solutions offre de ressources dans l'établissement des chemins d'intérêt local. On peut juger, par le nombre des projets étudiés sur l'initiative des Conseils généraux, de l'importance des questions techniques propres à réduire les frais de construction, et on ne peut se dissimuler aussi que le concours des localités par les subventions et surtout par la garantie d'intérêt doit être considéré comme le moyen le plus fécond d'encouragement. On se ferait illusion en comptant sur un large concours de l'État avant que la garantie d'intérêt à laquelle il est engagé pour les réseaux en construction ait cessé de fonctionner d'une manière effective. Cette époque n'est probablement pas éloignée, mais la pression exercée sur le Gouvernement à cet égard par les popu-

lations non desservies par un chemin de fer s'accroît pour ainsi dire à mesure que les réseaux s'étendent. Dans ces circonstances la réduction de la voie paraît un des plus puissants moyens d'économie des dépenses d'établissement; à ce titre elle assure le développement des chemins locaux parce qu'elle permettra de conserver les tarifs en usage sur les grandes lignes. Des tarifs plus élevés iraient contre le but que l'on veut atteindre; il ne faut pas oublier que les produits agricoles et minéraux exigent des tarifs d'autant plus bas que leur valeur est moindre.

L'Administration a donné à ces chemins à voie réduite le nom de *chemins industriels*, probablement parce qu'elle considère que l'industrie doit y prendre la plus grande part d'initiative et d'exécution. On ne peut méconnaître ce que ce point de vue a d'élevé et de fécond. C'est au progrès technique à répondre aux encouragements à attendre du Gouvernement qui se traduisent par de bienveillantes concessions, comme il en a donné l'exemple pour le chemin de Fougères à Vitré.

Séance du 27 Septembre 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 6 septembre est adopté.

M. Larpent rappelle qu'il y a sept ans il a déjà entretenu la Société de l'augmentation de la puissance des locomotives. Depuis cette époque, cette intéressante question n'a pas cessé d'être à l'ordre du jour; or, comme les nombreux types de machines qui figurent à l'Exposition universelle de 1867 reflètent des idées différentes sur les moyens de résoudre le problème, on peut dire que les principes qui servent de base à la locomotive ne sont pas encore nettement définis, puisqu'ils sont compris et appliqués de différentes manières.

Il y aurait déjà un certain intérêt à présenter une étude des machines, au point de vue de la disposition et de l'exécution des différents types exposés; mais ce genre d'études fondées sur des appréciations personnelles, infirmées peut-être par des appréciations contradictoires, ne donnerait lieu qu'à une discussion oiseuse et sans profit pour la science.

M. Larpent a cru devoir donner une portée plus utile à l'étude de la locomotive qu'il avait d'abord entreprise au point de vue de l'application des règles usitées dans la construction, la conduite et l'entretien des machines, et qu'il a étendue ensuite à la recherche d'une théorie fondée sur des principes de mécanique indiscutables. L'exposé de cette théorie est le principal objet de cette communication.

La locomotive est, sans contredit, la cause originelle de la révolution qui s'est opérée dans le mode de transport par terre. Du perfectionnement de ses organes et du soin apporté dans l'exécution et l'entretien de ses pièces de détail, dépendent la sécurité et la célérité des transports. L'augmentation de sa puissance, par l'amélioration des dispositions d'ensemble, doit conduire à une diminution des prix de transports.

Sous le rapport du perfectionnement des organes et du fini d'exécution des pièces de détail, on peut avancer que la limite du progrès à espérer est bien près d'être atteinte. Cela tient, d'une part, à ce que les pièces de détail étant les mêmes dans toutes les locomotives, on est arrivé à adopter à peu près, dans tous les types, celles qui satisfont le mieux à tous les besoins; et, d'autre part, à ce que les machines-outils, en se substituant généralement au travail à la main, obtiennent partout le fini d'exécution qui caractérisait les machines françaises aux précédentes expositions.

L'économie dans la consommation du combustible et une bonne combustion de la houille doivent être cherchées dans une disposition de grilles de foyer analogue à celle qui est usitée dans les autres appareils de chauffage, et qui permet au chauffeur de piquer le feu en dessus et en dessous durant la marche.

Si l'identité existe dans le choix des organes et dans le fini d'exécution des pièces de détail, il n'en est pas de même dans le choix des types, qui sont beaucoup trop nombreux pour être tous dignes d'imitation.

La locomotive est un instrument destiné à transporter le poids le plus considérable à la plus grande vitesse. Elle devrait être envisagée comme un outil susceptible d'exécuter partout le même travail, de la même manière et par les mêmes moyens. Elle pourrait donc être ramenée à trois types uniques, disposés de manière à pouvoir effectuer économiquement les transports à grande, à moyenne et à petite vitesse.

La puissance d'une locomotive n'est autre chose que le travail mécanique qu'elle développe, soit le produit du poids remorqué par le chemin parcouru dans l'unité de temps. La puissance des locomotives est déterminée par leur poids, car l'élément principal de la puissance, la surface de chauffe, et l'élément accessoire, l'adhérence, sont dépendants du poids.

L'adhérence, qu'il ne faut pas confondre avec l'effort de traction, est tout simplement un mode de transmission de mouvement intermédiaire entre la locomotive et le train, par l'engrenage d'un pas infiniment petit d'une roue et d'une crémaillère. La résistance de ce mode de transmission de mouvement, spécial à la locomotive, échappe au calcul, et ne peut être déterminée que par l'expérience, attendu que les dimensions des organes de cette espèce d'engrenage, invisibles à l'œil, ne peuvent être mesurées comme les courroies, les dents d'engrenage, et les autres pièces qui servent à transmettre le mouvement des moteurs. L'effort de traction est la force tangentielle transmise à la circonférence extérieure des roues motrices.

L'expérience constate 1° que l'adhérence est le meilleur moyen d'utiliser et de transmettre le mouvement de la locomotive; 2° que la résistance, ou l'intensité de l'adhérence, est dépendante du poids dont le rail est chargé au point de contact avec les roues motrices; M. Larpent la croit en outre indépendante de l'inclinaison du rail, du diamètre des roues et de la vitesse de marche; 3° il croit aussi qu'on peut toujours compter sur le sixième du poids adhérent, comme effort de transmission de mouvement; 4° que, quand l'énergie de l'adhérence est momentanément annulée par l'interposition d'un corps gras entre le rail et la roue, il est toujours possible de la rétablir à son état normal par l'interposition d'un autre corps grippant; 5° que le plus grand effort de transmission ayant lieu au démarrage d'un train, sur un chemin de fer d'une inclinaison quelconque, il y a plutôt à craindre une insuffisance de production de vapeur, qu'à redouter un défaut d'adhérence pour maintenir la vitesse du train sur la même inclinaison.

Ce qui distingue la locomotive des autres machines à vapeur, et probablement ce

qui fait sa supériorité, c'est qu'elle porte avec elle la transmission du mouvement la plus simple et la plus directe, dont la résistance est une fraction du poids supporté par le rail au contact des roues motrices ou accouplées. L'énergie, ou l'intensité de l'adhérence, est excessivement élastique, puisqu'elle varie suivant l'interposition de corps étrangers au contact des roues, entre zéro et le quart du poids adhérent.

Il serait imprudent de compter sur le maximum d'intensité de l'adhérence; il vaut mieux l'adopter au sixième du poids adhérent que la pratique justifie journellement par les faits qui s'accomplissent dans l'exécution du service de la traction sur toutes les lignes de chemin de fer.

Si, d'un côté, l'observation justifie l'opinion exprimée sur le rôle qu'il convient d'attribuer à l'adhérence, et que, d'un autre côté, les faits prouvent que l'adoption de l'adhérence au sixième du poids qui charge naturellement les roues motrices permet d'utiliser le maximum de travail que le moteur est susceptible d'accomplir, à quoi peuvent servir tous les moyens artificiels imaginés pour accroître l'adhérence dans le but d'augmenter la puissance de la locomotive? Suivant M. Larpent, ils ne peuvent servir qu'à compliquer inutilement la transmission de mouvement, à diminuer l'effet utile du moteur, ou à augmenter la résistance du train. Chercher à accroître l'adhérence naturelle, due exclusivement au poids de la machine, c'est renforcer la roue d'engrenage ou la courroie qui résiste sous l'effort qu'elle transmet; c'est mettre du sable sous une roue motrice qui ne patine pas.

M. Larpent croit donc pouvoir affirmer que la mesure de la puissance d'une machine quelconque est déterminée par son poids, et que la limite de poids d'une machine à trois essieux étant le poids de trente tonnes environ, il n'est pas prudent de dépasser ce poids de crainte de détériorer les organes du moteur et de fatiguer la voie outre mesure.

Puisque les pièces de détail qui entrent dans la construction des locomotives sont semblables, ou doivent être les mêmes dans tous les types, leur poids ne peut pas varier sensiblement. Il suffirait donc de le défalquer du poids total de trente tonnes supporté par trois essieux, pour obtenir le même poids du générateur qui détermine la surface de chauffe. On pourrait, dans ce cas, poser comme règle générale que toutes les machines du même poids doivent avoir la même surface de chauffe et la même puissance. On n'aurait plus ensuite qu'à adopter des diamètres de roues identiques, pour chacun des trois types de machines à trois essieux, pour être définitivement d'accord sur les dispositions d'ensemble et de détail.

Des considérations sur l'analogie du travail des locomotives avec celui des moteurs animés, sont ensuite présentées. M. Larpent en déduit les appréciations suivantes, relatives aux procédés employés pour augmenter la puissance des locomotives :

Qu'on doit éviter 1° de charger la locomotive du poids de l'eau et du combustible nécessaire à sa consommation; 2° de reconstituer le double attelage sous la forme d'un double appareil moteur alimenté par une seule chaudière, transmettant l'effort à deux groupes d'essieux accouplés, mais indépendants l'un de l'autre; 3° de rechercher la flexibilité, ou l'aptitude de la machine à passer dans les courbes sans changer le parallélisme des essieux.

Il pense que jusqu'à ce que la pratique ait sanctionné un autre moyen de résoudre l'intéressant problème de l'augmentation de la puissance des locomotives, il faut le chercher dans l'étude d'une machine articulée, composée de plusieurs groupes d'essieux, convergeant vers le centre des courbes, tous adhérents et solidaires

l'accouplement des roues, à l'aide d'un système compensant les variations de longueur des bielles d'accouplement au passage de la machine dans les courbes.

M. Larpent développe ensuite sa théorie à l'aide d'une épure tracée sur le tableau, pour appuyer les appréciations exprimées par lui, et pour servir de démonstration aux propositions ci-dessous qui terminent sa communication.

1° La puissance de la locomotive peut être considérée comme illimitée sur les chemins ordinaires. Elle est réglée, quant à la force de traction, par le nombre des essieux accouplés; et, en ce qui concerne la vitesse de translation, par le diamètre des roues motrices;

2° Sur les chemins inclinés au-dessous de $0^m,08$ par mètre, le poids remorqué est toujours supérieur au poids de la locomotive; sur les rampes de $0^m,08$, le poids remorqué est égal au poids de la locomotive; au-dessus de $0^m,08$, le poids remorqué est inférieur au poids du remorqueur; et enfin sur la rampe de $0^m,165$, la locomotive ne peut remorquer que son propre poids;

3° *Théoriquement*, les frais de traction d'une locomotive, employée à remorquer un train, sur une rampe donnée, sont indépendants de la vitesse de marche;

4° En général, il est désavantageux de charger la locomotive d'un poids autre que celui qui est indispensable au bon fonctionnement de ses organes moteurs. Une exception à cette règle peut être faite dans les cas où le nombre des voitures composant les trains, étant déterminé par la loi, limite conséquemment la puissance des machines qui doivent les remorquer spécialement.

M. Agudio croit que dans les pays de montagnes, dans les tunnels, il convient de réduire l'adhérence au-dessous du chiffre de 1/6 du poids supporté par les rails au contact des roues motrices admis par M. Larpent.

M. Larpent fait remarquer que son appréciation n'est pas contestée par les hommes spéciaux, et que, du reste, les faits qui résultent de la comparaison des charges remorquées, journellement, sur les divers chemins de fer avec le poids des machines, la justifient surabondamment. En outre, rien ne prouve que sur les chemins à fortes rampes les choses doivent se passer différemment. Il attribue les évaluations inférieures au sixième du poids adhérent à la manière d'utiliser l'adhérence par les mécaniciens qui ne se rendent pas toujours compte de l'effort tangentiel à exercer à la circonférence des roues, par rapport à l'intensité de l'adhérence. Avec un effort provenant d'une pression de vapeur relativement faible, ou de l'emploi d'une détente prolongée, on parvient souvent à démarrer plus facilement un train qu'avec la pression maxima résultant d'une pleine admission.

M. le Président rappelle que M. Larpent a été pendant plusieurs années chargé du service de la traction et de l'entretien du matériel de plusieurs chemins de fer, et que son expérience est incontestable.

Il y avait donc lieu d'accueillir et d'entendre sa communication, quelque arrêtées que fussent ses conclusions et opposées, sous plusieurs rapports, à celles de ses collègues, dans les mêmes situations.

La Société n'est, statutairement, pas tenue de l'opinion de l'un de ses membres, et la discussion ou l'absence de discussion doivent toujours conserver cette signification.

Peut-être, moins que jamais, au moment où des formes nouvelles de générateurs semblent posséder, sous l'influence du tirage dû à l'échappement, une puissance de production de vapeur supérieure à celle de la chaudière des locomotives, semble-t-il trop absolu de limiter la puissance de celle-ci à l'adhérence correspondante au

sixième de son poids, surtout en présence de l'application du rail central à la traversée des montagnes?

Peut-être aussi l'emploi de l'acier dans les rails et dans les machines amènera-t-il une modification grave dans la construction de celles-ci. Il ne faut pas oublier qu'à l'origine des chemins de fer, le métal employé cédait à un effort de traction de 30 à 35 kilogrammes par millimètre de section, tandis qu'aujourd'hui on demande et on obtient pour les rails en acier une résistance à un effort de traction de 75 à 80 kilog. par millimètre de section. Les conséquences de ces modifications du métal employé à la construction pensent-elles être compromises par une loi empyrique basée seulement sur un ordre de faits qui n'a pas pour lui une généralité qui promette de le transformer en un principe absolu? Guidé par les progrès de la science, l'art restera éternellement jeune, parce qu'il sera incessamment perfectible, et vouloir le forcer à une étape en le prétendant arrivé au but, c'est le vieillir et retarder sa marche.

M. le Président invite M. Longraire à entretenir la Société des conditions d'établissement de la ligne ferrée de Bologne à Pistoie. Il rappelle que M. Longraire a offert à la Société de la part de M. Protche, ingénieur en chef, un recueil des dessins des ouvrages d'art de cette ligne : un plan avec profil en long à l'échelle de 1/10000, avec toutes les indications relatives aux différents ouvrages de la ligne, et enfin, un panorama qui donne sous une forme pittoresque une idée du pays traversé par le chemin de fer.

M. Longraire donne des renseignements sommaires sur cette traversée des Apennins et complète les indications fournies par les divers documents qu'il a rassemblés pour les offrir à la Société.

La ligne de Bologne à Pistoie est destinée à relier Florence et Livourne avec la grande ligne de Turin à l'Adriatique. Elle faisait partie du réseau de l'Italie centrale dont la construction a été dirigée par M. Protche, ingénieur en chef directeur; elle est actuellement comprise dans les chemins de fer dits de la haute Italie.

Cette ligne est établie avec une seule voie.

Elle peut se subdiviser en trois parties : la première de Bologne à Porretta sur laquelle les pentes sont limitées à 12 millimètres par mètre; la seconde de Porretta à la station de faîte, Pracchia; la troisième comprenant la descente sur le versant toscan de Pracchia à Pistoie; dans ces deux dernières parties, les pentes s'élèvent à 25 millimètres.

La première partie de Bologne à Porretta présente une longueur de 59 kilomètres; la différence de niveau à racheter est de 307 mètres; le rayon minimum des courbes est fixé à 350 mètres avec la condition que dans de telles courbes l'inclinaison n'excède pas 6 millimètres; partout ailleurs celle de 12 millimètres était admise.

Les difficultés rencontrées dans cette première partie, qui suit le cours du Reno, provenaient de terrains en décomposition et en mouvement qu'il était nécessaire d'éviter d'une manière absolue.

Le Reno est un torrent dont le lit présente parfois des largeurs assez considérables; on a pu alors s'y mettre à l'abri des mauvais terrains, mais en acceptant la nécessité de se défendre contre les crues du Reno. Quant au contraire, le lit du torrent était trop restreint, ou venait même à être envahi par les masses en mouvement, on a cherché à faire passer la ligne en souterrain dans des parties présentant toute garantie de stabilité.

Cette dernière solution, adoptée en deux points, a donné lieu aux souterrains de Riola et de Casale, le premier de 1,380 mètres et le deuxième de 2,620 mètres; outre ces deux souterrains, il s'en trouve 5 autres de moindre longueur; le développement total des 7 tunnels est de 5,007 mètres.

Les parties situées dans le lit du torrent ont nécessité 16 murs d'une longueur de 14,400 mètres. Douze ponts ont été établis sur le Reno, en y comprenant un pont d'accès à la station de Porretta.

Dans la deuxième partie, de Porretta à Pracchia, d'une longueur de 14 kilomètres, on avait une hauteur de 265 mètres à racheter pour arriver à l'ordonnée du faîte de 617 mètres. La vallée du Reno y est fort étroite, fort abrupte et tout entière dans le grès appelé *macigno;* de nombreux ouvrages d'art ont été nécessaires. C'est ainsi qu'on y trouve 16 souterrains d'une longueur totale de 2,910 mètres, 8 ponts sur le Reno et 25 murs d'un développement de 6,600 mètres, et élevés à 12 et 15 mètres de hauteur.

Dans la troisième partie de Pracchia à Pistoie il fallait racheter une différence de niveau de 554 mètres. La distance à vol d'oiseau entre ces deux localités n'arrive pas à 15 kilomètres; il a donc été nécessaire de chercher à se développer sur les contreforts des Appennins de manière à trouver la longueur suffisante pour ne pas dépasser la pente de 0,025 par mètre. Ce résultat n'a pu être obtenu qu'au moyen d'un tracé présentant deux retours sur lui-même; on est arrivé ainsi à un développement de 25 kilomètres sur lequel la pente de 25 millimètres a dû être adoptée sur une longueur continue de 21 kilomètres, sauf l'interruption d'une partie de 300 mètres pour y placer la station de Piteccio.

Le souterrain du faîte de l'Appennin est de 2795 mètres; 18 autres souterrains et 2 viaducs se succèdent dans les 14 premiers kilomètres; dans les 11 suivants, on trouve 4 viaducs, 4 souterrains, et, de plus, des tranchées et des remblais considérables.

Dans la vallée du Reno, au-dessous de Porretta, on avait à se garder des terrains désagrégés et se mettant en mouvement, à la manière des fluides, à la suite des pluies prolongées; tandis que, dans la descente des Apennins, on a eu à lutter contre des glissements par masse, provenant, en grande partie, du peu de stabilité dans l'équilibre des contreforts où le chemin de fer avait dû être placé en déblai ou en remblai.

En résumé, cette ligne a présenté presque tous les genres de difficultés, et sur 98 kilomètres de longueur totale, on y trouve 423 ouvrages, savoir :

46 souterrains;
28 ponts sur le Reno et sur ses affluents;
9 viaducs;
47 passages supérieurs ou inférieurs;
9 pontceaux d'une ouverture inférieure à 10 mètres;
108 pontceaux d'une ouverture inférieure à 5 mètres;
176 aqueducs d'une ouverture inférieure à 2 mètres;
48 passages à niveau; en outre,
31 murs de défense d'une longueur de 21 kilomètres.

Soit : 502 ouvrages sur le chemin de fer lui-même, plus un certain nombre d'ouvrages extérieurs au chemin de fer, parmi lesquels se trouvent deux ponts sur le Reno.

Presque tous les ponts sur le Reno sont biais; leur faible largeur, fixée à 5 mètres, rendait dangereuse l'adoption de voûtes biaises exécutées suivant les appareils connus; elles ont été construites en briques par anneaux droits formant des redans et indépendants les uns des autres; deux tirants en fer, avec des clefs, étaient destinés à empêcher tout déversement des anneaux à l'extérieur au moment du décintrement.

Des travaux de défense ont dû, en outre, être faits aux abords de ces ponts.

Les tabliers métalliques des ponts où ce mode de construction a été adopté ont été fournis par MM. Gouin et Cie, et par la participation Schaken et Caïl.

Pour défendre le chemin de fer des crues du Reno, dans la partie jusqu'à Porretta, on s'est servi de murs inclinés à $\frac{1}{2}$, élevés jusqu'à 1m.50 au-dessous des crues, et surmontés d'un perré maçonné. Ces murs étaient établis sans épuisements et, par conséquent, à une faible profondeur au-dessous des plus bas fonds; ils étaient protégés des affouillements par des prismes pouvant glisser sur leur surface extérieure. Aussitôt la ligne ouverte, une carrière, reliée au chemin de fer, a été mise en exploitation à Porretta, et a fourni des blocs d'enrochement qui ont été ajoutés aux prismes pour la défense des murs.

Au-dessus de Porretta, et jusqu'à Pracchia, la forte pente du Reno permettait de fonder les murs sans épuisements, en faisant écouler les eaux des fouilles dans des saignées d'une faible inclinaison; on trouvait parfois la roche pour s'y établir; là où le lit du Reno l'a permis, on a défendu le pied du remblai par un mur incliné à $\frac{1}{2}$, surmonté de perrés maçonnés; là où le Reno était déjà étroit, on a adopté un profil courbe ou rectiligne incliné avec contreforts intérieurs, de manière que le mur puisse résister à la poussée du remblai intérieur.

M. Longraire, répondant à diverses questions, indique que les sections de Bologne à Porretta et de l'extrémité du souterrain de faîte à Pistoie ont été faites par des entrepreneurs italiens, tandis que la section intermédiaire de Porretta à l'extrémité du tunnel de l'Appennin a été construite par MM. Vitali, Picard et Cie.

La vitesse des trains, tant à la montée qu'à la descente des rampes de 25 millimètres est de 20 kilomètres à l'heure. On se sert de freins à vapeur avec la machine Beugniot; on a essayé également l'emploi de machines à marchandises à six roues couplées; l'expérience a donné des résultats satisfaisants.

En terminant sa communication, M. Longraire appelle l'attention de la Société sur les nombreux renseignements contenus dans le recueil de dessins qu'il a présenté. Ce recueil, publié par M. Protche, ingénieur en chef, ne se trouve pas dans le commerce; il était destiné au personnel de l'Italie centrale, auquel il était cédé au prix de revient. M. Longraire pourrait procurer, aux mêmes conditions, des exemplaires à ceux des membres de la Société qui en désireraient.

TRAVAUX D'EXÉCUTION

DU

CANAL MARITIME DE L'ISTHME DE SUEZ

PAR M. A. LAVALLEY.

DEUXIÈME COMMUNICATION

(Séance du 26 juillet 1867 [1].)

Dans la communication sur l'exécution du canal de Suez que j'ai eu honneur de vous faire l'année dernière, j'ai rappelé les données du prolème, j'ai décrit les différents appareils que nous employons, suivant ue les conditions du travail sont différentes elles-mêmes, et j'ai exposé s dispositions diverses que, sur différents points, nous avions adoptées our mettre ces appareils en fonctionnement.

Je vous ai dit quelle était la partie de notre programme alors appliqué, ı nous en étions des diverses phases successives par lesquelles nous vions faire passer les travaux.

L'année qui vient de s'écouler a été productive.

Les tâtonnements qu'entraîne toujours la mise en marche d'appareils uveaux, surtout d'appareils de terrassement, sont terminés. Notre plan campagne est appliqué sur toute l'étendue du canal.

Le rendement mensuel a passé depuis un an de 500,000 à plus de 00,000 mètres cubes, et une expérience déjà assez longue nous a mon- quels étaient les points faibles de nos engins, et nous a suggéré cernes modifications.

J'ai pensé qu'il serait intéressant pour la Société d'être tenue au count de la marche de ces chantiers de terrassement et de dragage, les s grands qui aient jamais existé, et des principaux faits qui ont été servés dans le fonctionnement de notre matériel.

Je vais donc dire d'abord où en sont les travaux, je vous parlerai ente de nos divers appareils; je vous en signalerai les points défectueux aussi les parties qui remplissent bien leur but.

. Pour la première Communication, voir le *Bulletin* nº 35 du 3e trimestre 1866, 478.

Les bassins de Port-Saïd étaient l'année dernière complétement dessinés. Des dragues à couloir de 25 mètres en avaient suivi tous les contours. Les déblais tombant des couloirs avaient fait, tout autour du bassin, des berges que longeait un chenal de 2m,50 à 3 mètres de profondeur et d'une vingtaine de mètres de large.

En outre, des dragues desservies par des porteurs étaient parties du large, et, se dirigeant vers la terre, avaient ouvert un chenal d'environ 5 mètres de profondeur sur 50 de large.

Puis, arrivées dans le bassin, elles en avaient creusé à la même profondeur une certaine surface.

Aussi depuis près d'un an déjà, tous les bâtiments qui arrivaient à Port-Saïd entraient dans les bassins, les plus grands allégés au besoin par un commencement de déchargement en rade.

Quand nous eûmes obtenu à la profondeur de cinq mètres un espace suffisant pour les manœuvres de ces bâtiments, de nos porteurs, des convois de chalands qui portent à tous les chantiers de l'isthme leurs approvisionnements, deux dragues revinrent sur leurs pas, se dirigeant alors vers le large et creusant à 6m,50 et 7 mètres de profondeur. Bientôt, sortant du bassin, elles donnaient au chenal cette nouvelle profondeur et une largeur de 100 mètres.

Il y a quelques semaines, profitant de la belle saison et pour hâter l'achèvement de ce chenal, nous avons conduit au large deux autres dragues qui, partant des fonds de 7 mètres, marchent à la rencontre des premières.

Deux ans s'étaient passés depuis que nous avions ouvert le chenal de 5 mètres. Il n'était alors protégé que du côté Ouest, par la jetée qui ne s'avançait pas beaucoup au delà des fonds de 5 mètres.

Depuis lors, cette jetée de l'Ouest avait fait de rapides progrès. Elle s'étendait à 2,200 mètres de la plage et atteignait les fonds de 7 et 8 mètres.

La jetée de l'Est, enracinée, comme vous savez, à 1,400 mètres de la première, mais se dirigeant obliquement au rivage, de façon à se rapprocher de la première, était moins avancée.

Il était intéressant de savoir si les courants du littoral, arrêtés et détournés par la jetée de l'Ouest, n'avaient pas déposé des sables dans le remous nécessairement formé à l'extrémité de la jetée. Ce dépôt s'avançant en même temps que s'avançait l'extrémité de la jetée, aurait relevé le fond le long de la jetée sur l'emplacement du futur chenal.

Cet effet ne s'était pas produit. Des profils en travers, relevés au printemps dernier, sont très-sensiblement les mêmes que ceux qu'on avait relevés un an auparavant.

Cela confirme, ce que l'on savait au reste déjà, que les courants du littoral ne sont pas, dans ces parages, assez forts pour déplacer le sable; ils le transportent seulement quand les lames l'ont soulevé. Mais sur la rade de Port-Saïd la mer n'est jamais très-forte, sans doute parce que le [illegible]

descendant très-lentement, l'agitation du large est amortie, petit à petit, par la faible profondeur de l'eau à d'assez grandes distances de terre.

Aussi le sable n'est-il soulevé que tout près du rivage même, et c'est là seulement que se fait le transport de l'Ouest vers l'Est, qui lentement élargit la plage dans l'angle formé par la jetée Ouest et le rivage.

Dans les profondeurs de 5 mètres, déjà il semble que le fond soit tout à fait immobile.

Dans quelques semaines, au plus tard dans le courant d'octobre, les dragues venant du large rencontreront celles qui sont parties du bassin, et Port-Saïd sera accessible à tous les bâtiments tirant jusqu'à $6^m,50$, c'est-à-dire non-seulement à tous les voiliers, mais à tous les bâtiments à vapeur de commerce qui naviguent dans la Méditerranée.

Le sol est en général de sable fin légèrement limoneux. A 5 et 6 mètres on rencontre par place des argiles assez dures. Le dragage se fait partout dans d'assez bonnes conditions.

Les principales difficultés que nous avons à vaincre viennent de l'adhérence de ce sable fin limoneux aux godets et aux déversoirs, et en même temps de l'extrême facilité avec laquelle il passe par les joints des portes des bateaux.

Les dragues dont nous nous servons à Port-Saïd sortent des ateliers de MM. Gouin et Cie. Les godets ont une capacité de 400 litres; ils sont très-évasés et ne sont percés de trous ni sur les côtés ni dans le fond.

Malgré cela, lorsque les godets, après leur passage sur le tourteau supérieur, se renversent, le déblai ne les abandonne qu'après un assez long temps, il sort peu à peu, et la dernière portion ne se détache souvent qu'après que le godet a dépassé le déversoir. Elle retombe alors dans la fouille, réduisant d'autant le travail utile. Nous ne trouvons d'autre remède que de faire marcher la drague assez lentement pour que chaque godet reste le plus longtemps possible au-dessus du déversoir.

Ce sable fin descend en outre difficilement dans les déversoirs qui, bien qu'ils soient inclinés presque à 45°, bien que leur section ne soit pas rétrécie vers l'orifice, s'engorgent souvent quand on drague à godets pleins.

Il suffit d'une assez faible quantité d'eau pour empêcher cet engorgement; aussi, en ne remplissant pas le godet entièrement de déblai, l'eau qui se trouve sur le sable suffit pour déterminer la descente dans le déversoir.

Il vaut mieux, sous tous les rapports, lancer un jet d'eau sur le déversoir au moyen d'une pompe rotative mue par la machine de la drague.

Le rendement de la drague augmente aussitôt dans une proportion très-grande, et on a bientôt amorti la valeur de la pompe et payé le petit excédant de charbon qu'exige le travail supplémentaire de la pompe.

Si la finesse du sable et la présence d'une petite quantité de limon le

rendent adhérent quand il n'est qu'humide, elles facilitent par contre sa suspension dans l'eau.

Quand les déblais tombent dans les puits des porteurs, au lieu qu'il se fasse un départ rapide des matières solides qui, tombant au fond, calfateraient de suite les joints des portes, le sable et le limon restent en suspension dans l'eau.

Ils sortent avec elle par les joints des portes dans l'espèce de barbotage ou de mouvement alternatif d'entrée et de sortie que produit le roulis. Et cela dure jusqu'à ce que les parties les plus grossières du déblai, restant prises dans les joints, les aient bouchés.

Il est essentiel d'avoir des portes bien faites.

L'expérience nous a appris qu'on ne pouvait apporter trop de soins dans leur construction. Nos meilleures portes sont en bois de chêne d'une épaisseur totale de $0^m,12$ à $0^m,15$, formée de deux cours superposés de planches de $0^m,06$ à $0^m,08$. Le cours inférieur déborde le cours supérieur de façon à former feuillure de $0^m,08$ à $0^m,10$ de large. Cette feuillure entre dans une feuillure en sens contraire formée par les bords du puits. Dans la plupart de nos porteurs, les différents puits ne sont pas séparés en deux par une cloison longitudinale suivant l'axe du bateau. Nous avons dû faire battre les portes sur une pièce de bois placée dans le puits comme une fausse quille. Cette pièce de bois, très-solidement assujettie, doit avoir une largeur égale à celle des feuillures des deux portes, de façon à remplir l'espèce de large rainure qu'elles forment.

Il faut, en un mot, que, pour pouvoir se perdre par le joint des portes, le déblai ait à passer par un espace aussi étroit que possible, assez long et coudé à angle droit.

Nous n'avons réussi à avoir des portes étanches qu'en ajustant très-exactement ces feuillures. Mais cela n'a suffi qu'à la condition que les quatre chaînes, qui agissent deux à deux sur chaque battant, soient bien également tendues au moment de la fermeture.

Pour cela, au lieu de réunir tout simplement ces quatre chaînes sur le dernier maillon de la chaîne du treuil de fermeture des portes, nous avons suspendu à cette dernière un fléau à chaque extrémité duquel est suspendu un autre fléau. C'est au bout de ces deux derniers que sont attachées les chaînes des portes. Ces fléaux ont $0^m,40$ de long et sont faits avec soin. De cette façon, la tension de la chaîne unique se répartit bien exactement, et les portes sont, à leurs deux extrémités, également appuyées sur leur feuillure.

Dans presque tous nos porteurs, les charnières, les pitons des portes n'étaient pas assez forts. Nous avons dû les remplacer par des pièces plus fortes.

On ne saurait trop recommander d'en exagérer les dimensions. Leur poids et leur valeur sont insignifiants comparés au poids et à la valeur du bateau.

La moindre avarie qui leur arrive exige la plupart du temps que le porteur soit remis sur cale, opération longue, difficile et qui coûte bien des fois ce qu'on a cru, à tort, économiser.

Il y avait un grand intérêt à faire le plus tôt possible, dans le port, les déchargements qui sur rade sont chose difficile, mettent souvent le bâtiment en surestaries; aussi avons-nous consacré à cette partie de notre entreprise un matériel considérable : sept dragues et dix-huit porteurs y sont affectés. Nous avons la certitude que nous aurons terminé cette partie de notre entreprise, c'est-à-dire creusé les bassins et le chenal à la profondeur de 8 mètres, vers la fin de l'année prochaine.

Entre Port-Saïd et le seuil d'El-Ferdane, le canal traverse, sur une longueur de 60 kilomètres, les lacs Menzaleh et Ballah. Il est creusé, dans cette partie, par des dragues à couloirs de 70 mètres, et dans les portions, assez courtes du reste, où le terrain est à plus de 80 centimètres au-dessus de l'eau, par des dragues desservies par des élévateurs.

Les 7 premiers kilomètres vers le nord, les 16 derniers vers le sud, sont dans du sable fin un peu limoneux; le reste des terrains est d'argile plus ou moins compacte. Sur d'assez larges espaces, cette argile repose sur des terrains plus mous, mais beaucoup plus consistants que ne le ferait supposer la désignation de vases fluides que lui ont donnée les premiers sondeurs.

Sur plusieurs points nos grandes dragues l'ont rencontrée en creusant le canal jusqu'à 6 et 7 mètres. Les talus y tiennent à une inclinaison variant de 1 à 1 1/2 de base pour 1 de hauteur. Les cavaliers, du reste fort allongés et très-peu hauts, formés par la drague à long couloir, n'ont pas enfoncé les berges, et nous n'avons eu nulle part de ces affaissements, de ces éboulements que l'on avait craints.

Sur certaines parties où le cavalier d'une des rives a reçu tout le déblai qu'il doit contenir, nous avons réglé la plage au talus du dixième. Cette faible pente paraît être inférieure à celle de l'équilibre stable et devoir ôter toute inquiétude sur la tenue des berges.

Les dragues à long couloir ont continué à nous rendre d'excellents services. Le rendement de 55,000 mètres cubes en un mois, de 180 mètres cubes par heure de travail payée à l'équipage, a été atteint. Le chiffre de 40,000 mètres est très-souvent dépassé; il faut des circonstances tout à fait exceptionnelles pour que celui de 30,000 mètres ne soit pas atteint.

Je n'ai rien à changer à ce que je vous disais l'année dernière sur la manière dont se comportent dans le couloir les sables et les argiles.

Pour les premiers, il faut toujours, quelque fins qu'ils soient, une pente d'au moins 5 0/0 et une quantité d'eau au moins égale au volume du déblai. Cette pente est insuffisante si le sable n'est pas très-fin, si une certaine quantité de vase mêlée avec lui ne vient pas, en épaississant l'eau, faciliter son maintien en suspension.

De ce que nous avons vu jusqu'à présent, il semble résulter que la pente du dixième, avec injection par une pompe suplémentaire d'une quantité d'eau égale au volume du déblai, doit suffire à presque tous les sables.

Je vous ai parlé, l'année dernière, de l'addition que nous pensions apporter aux couloirs d'une chaîne sans fin, portant des rabots pour aider à la descente des déblais d'argile.

L'expérience est venue justifier la confiance que nous avions dans l'efficacité de ce nouvel organe.

Voici comment M. Lecointre, l'ingénieur en chef des Forges et Chantiers de la Méditerranée, a réalisé l'idée que nous avions eue en commun.

Deux chaînes sans fin, de à $0^m,018$ à $0^m,020$, passent sur deux tourteaux ou tambours, placés, l'un vers l'origine du couloir au bas de la courbe de raccordement du déversoir avec le couloir, l'autre à 10 mètres de l'extrémité inférieure du couloir.

Les deux chaînes sont réunies à des distances égales entre elles par des traverses dont un des côtés horizontaux est profilé suivant la section du fond du couloir.

Des palettes rapportées sur le tambour du haut, et ayant la forme de grandes dents d'engrenage, appuient dans la rotation du tambour sur les traverses, et donnent le mouvement aux chaînes sans fin.

Le brin inférieur appuie par ses traverses ou rabots sur le fond du couloir; le brin supérieur est porté de distance en distance par des galets.

La machine de la drague donne le mouvement au tambour supérieur. Cette vitesse peut, au moyen d'engrenages de rechange, être variée. Nous nous sommes arrêtés à une vitesse de $0^m,50$ par seconde, qui paraît satisfaire à toutes nos conditions.

Avec cette vitesse, le contenu d'un godet met 140 secondes à parcourir la longueur du couloir, et comme la drague verse un godet toutes les cinq secondes, douze par minute, il se trouve à la fin que le couloir porte, uniformément réparti sur sa longueur, le contenu de vingt-huit godets, plus l'eau que pendant le même temps ont donnée les pompes.

Nos couloirs sont assez forts pour supporter facilement cette charge, et avec même une très-faible pente il suffit d'un très-petit effort de la chaîne pour imprimer au déblai cette vitesse.

Quand nous avons mis la première chaîne balayeuse en marche, la drague amenait de l'argile dure, la pente du couloir était d'environ 7 0/0; deux pompes rotatives conduites, l'une par la machine de la drague, l'autre par une locomotive sur le chaland du couloir, versaient environ 100 mètres cubes d'eau à l'heure. Dès la mise en marche, le tout fonctionna si facilement que je fis arrêter successivement les deux pompes.

Alors, et bien que les godets montant très-pleins ne continssent que la petite quantité d'eau qui emplissait les vides des morceaux d'argile, cette eau suffisait pour lubrifier le couloir, et nous ne vîmes qu'un très-faible accroissement de la tension des chaînes.

Le travail dépensé par le transport des déblais n'était donc que peu augmenté. — L'expérience était concluante; je voulus la pousser plus loin, et je fis relever le couloir au moyen de la presse hydraulique intercalée dans l'arcade par laquelle il s'appuie sur son chaland. Le couloir, tout à fait horizontal à vide, ne devait avoir, sous la charge du déblai qui fait enfoncer le chaland, qu'environ 2 0/0 de pente.

Nous remîmes en marche, et l'appareil fonctionna avec facilité, soit avec, soit sans eau additionnelle dans le couloir. L'absence d'eau augmentait assez notablement le travail de la chaîne balayeuse, et nous aurait exposés à avoir un cavalier de déblai à talus assez roide et peut-être trop élevé, malgré la grande hauteur à laquelle l'absence de pente amenait l'extrémité du couloir.

Aussi, dans le travail normal, nous faisons toujours fonctionner la pompe mue par la locomobile du chaland. L'eau versée dans le couloir diminue de son poids le poids du déblai et en facilite ainsi le transport; elle a en outre le grand avantage d'étendre au loin le déblai sur la berge.

La mise sur la berge des déblais du canal au moyen des couloirs réalise exactement le transport des déblais dans le même profil transversal. Les déblais sont donc déposés sur les terrains de même nature qu'eux : les déblais sablonneux, sur du sable; les déblais argileux, sur l'argile.

Si le terrain est dur, les déblais sont en morceaux ; les cavaliers s'étendent peu, sont hauts et chargent le terrain, mais sans danger, vu sa dureté.

Si, au contraire, le terrain est peu consistant, le déblai, par cela même, se délaie plus facilement, l'eau du couloir l'étend au loin ; le cavalier est large et peu haut, et charge peu les berges.

Entre les lacs Ballah et le lac Timsah, sur une longueur de 15 kilomètres, le terrain est assez élevé : c'est le seuil d'El-Guisr. L'élargissement de la tranchée, au-dessus de l'eau, a marché depuis un an avec rapidité. Ce travail sera terminé très-probablement à la fin de cette année. En même temps que se faisaient ces terrassements à sec, on approfondissait et on élargissait la rigole anciennement faite par les contingents.

Le dragage dans le Seuil, le dragage du chenal à travers le lac, se font au moyen de dragues desservies par des porteurs qui vont se décharger dans le lac Timsah.

Ces travaux se font facilement : le terrain sablonneux se drague aisément. Avertis par l'expérience de Port-Saïd, nous avions revu avec soin les joints des portes des puits des porteurs, des gabares. Aussi, bien

que très-fins et par leur nature un peu limoneux, très-aptes à passer par les plus petites ouvertures, les déblais ne se perdent pas.

A mesure que les dragues, qui pour l'attaque du Seuil partent du lac, pénétreront davantage dans le Seuil, les distances de transport des déblais deviendront de plus en plus longues; elles seront à la fin de 15 kilomètres.

Nous n'avons cependant pas hésité à conserver, même pour cette grande distance, le transport par eau. Sur toute cette portion du canal les berges sont à plusieurs mètres au-dessus de l'eau. Nous ne pouvions songer à employer, ni les longs couloirs, ni même les élévateurs qui versent les déblais directement à leur place définitive. Il aurait fallu des remaniements au wagon toujours fort dispendieux.

Quelque moyen que nous eussions pris pour la mise à terre des déblais, il aurait toujours fallu les verser d'abord dans des chalands, et leur faire parcourir en naviguant une certaine distance, jusqu'au point où auraient été installés les appareils d'enlèvement. Il nous a paru préférable d'allonger de beaucoup cette distance, puisque nous économisions ensuite tous les frais de déchargement et de remaniement.

C'est au mois de novembre dernier que le niveau du Nil, étant à son maximum de hauteur, les canaux pouvant amener beaucoup d'eau, nous avons admis l'eau douce sur le plateau du Sérapeum.

En moins d'un mois les tranchées préparatoires qui avaient été faites à bras d'homme et deux grandes dépressions, traversées par le tracé du canal maritime, furent remplies de plus de 3 millions de mètres cubes.

L'événement justifia ainsi et dépassa nos prévisions; le remplissage s'est fait plus vite que nous ne l'avions espéré; les sables fins du désert se sont montrés aussi étanches que nous l'avions jugé d'après ce qui s'était passé le long du canal d'eau douce. L'exécution du canal maritime à travers le seuil du Sérapeum se trouvait ainsi assurée, et une des graves incertitudes qui, pour certains esprits, planaient encore sur la possibilité du canal, disparaissait à son tour.

Les dragues destinées à ce chantier avaient été, comme toutes les autres, complétement montées et essayées à Port-Saïd. Elles furent pour le transport allégées par l'enlèvement des chaînes des godets, des fourneaux des chaudières, et soulevées par des soufflages en bois; leur tirant d'eau fut ainsi ramené à 1m,20. Elles suivirent le canal maritime jusqu'à Ismaïlia, franchirent les deux écluses, et pénétrèrent dans le canal d'eau douce, dont le niveau est à 6 mètres au dessus de l'eau de mer.

Elles le suivirent sur environ 20 kilomètres, puis prirent un branchement qui les amena dans les tranchées préparatoires, où elles furent réparties sur la longueur du canal à creuser.

Le plateau du Sérapeum présente trois dépressions. Afin d'économiser l'eau, nous en avons d'abord rempli deux seulement, celle du milieu et celle du nord.

Nous creusons actuellement la portion du canal voisine de ces deux bassins, et déjà la tranchée est ouverte sur 5 kilomètres, à toute la largeur qu'elle doit avoir en crête, et sur 4 mètres de profondeur au-dessous du niveau de l'eau douce.

Depuis un mois environ, le Nil, qui était arrivé à son niveau le plus bas dans les premiers jours de juin, commence à remonter, et les eaux arrivent plus abondamment par les canaux. Sous peu, nous remplirons le troisième bassin. Les dragues se répartiront alors sur les 8 kilomètres qui forment la traversée du plateau.

Elles creuseront toute la section du canal jusqu'à une profondeur de mètres au-dessous du niveau de l'eau douce, et 3 mètres au-dessous du niveau de la mer.

Le terrain est presque entièrement composé de sable fin et propre. Çà et là se rencontrent quelques lentilles minces d'argile, quelques bancs de calcaire très-friable et de quelques centimètres seulement d'épaisseur.

Les dragues prennent ces bancs par-dessous et n'en éprouvent aucune résistance.

La fouille de tout ce terrain est facile, et les dragues montent très-aisément leurs godets pleins de 400 litres de déblai. Aussi arrive-t-il souvent qu'une drague enlève jusqu'à 2,500 mètres cubes dans une journée; nous avons vu le chiffre de 2,640 mètres cubes.

Malheureusement, le sable très-siliceux, très-fin, très-propre, pénètre facilement dans tous les organes des chaînes de godets, et les use rapidement. — Le temps perdu par l'entretien abaisse le rendement mensuel, qui ne correspond plus à cet énorme travail journalier, mais le laisse toujours au moins égal à la moyenne générale.

Le sable du Sérapeum descend difficilement dans les déversoirs des dragues. — Quand les godets sont montés pleins de déblai, par conséquent sans eau, pendant quelques minutes, le déversoir s'engorge; il faut alors arrêter le papillonnage de la drague, laisser monter un certain nombre de godets ne contenant que de l'eau. — Aussi les dragueurs s'attachent-ils à ne pas remplir entièrement les godets; l'eau qui monte alors au-dessus du déblai suffit pour l'entraîner.

Nous ajoutons à toutes nos dragues du Sérapeum des pompes supplémentaires mues par la machine même. Les godets peuvent alors travailler à plein, et le rendement de la drague augmente dans une grande proportion, sans que nous nous apercevions de plus d'usure ou d'une plus grande consommation de charbon.

Nous avons eu au Sérapeum, comme partout où nous trouvons du sable, une certaine difficulté à rendre les joints des portes des porteurs assez étanches. Il semble même que là la difficulté était plus grande; il ne suffisait plus d'ajuster les battements des portes avec le plus grand

soin. Nous avons été jusqu'à recouvrir les joints de bandes de cuir ou de caoutchouc semblables à des clapets de pompe. Ce n'est qu'alors que nous sommes arrivés à éviter toute perte de déblai.

Sur les parties du plateau où le terrain se tient au niveau de l'eau douce, nous employons deux dragues à couloir de 70 mètres.

Quand les godets n'amènent que du sable, la descente des déblais se fait bien sur une pente de 7 à 8 pour 100, mais il faut que les godets et les pompes versent plus d'eau qu'il ne monte de déblais.

Quand les godets traversent des couches d'argile, ou des bancs de calcaire, le mélange de sable et de paquets d'argile ou de pierres descend beaucoup plus difficilement; il faut encore augmenter la pente, encore augmenter la quantité d'eau.

Nous n'avions pas pensé que les chaînes balayeuses dussent agir utilement sur des déblais de sable, aussi les couloirs du Sérapeum n'en ont-ils pas encore reçu.

Tout ce chantier du Sérapeum est depuis plusieurs mois en bonne voie; la quantité de travail exécuté, le rendement actuel de nos dragues, tout nous donne la certitude que le travail que nous devons faire à l'eau douce sera terminé au mois de mars ou d'avril de l'année prochaine.

Nous vous rappelons qu'au sud du plateau du Sérapeum, le terrain s'abaisse pour former à une petite distance le bassin des lacs Amers, dont le fond actuellement à sec est à environ 9 mètres au-dessous du niveau de la mer.

A partir du bord sud du plateau, nous creusons à sec le canal jusqu'au point où le terrain se trouve au niveau du plafond.

Ces terrassements, qui se font au wagonnet sur quelques parties un peu élevées, et à la brouette sur tout le reste, seront terminés pour le moment où les travaux de l'eau douce du Sérapeum le seront eux-mêmes.

Nous fermerons alors le branchement du Sérapeum, nous couperons les barrages qui empêchent l'eau douce de se précipiter dans la tranchée de Toussoum.

L'eau s'écoulera dans le lac Timsah; son niveau s'abaissera jusqu'à celui de la mer, dont l'eau arrivera alors jusqu'au bord des lacs Amers.

Les dragues avec leurs accessoires auront descendu en même temps que le niveau de l'eau, elles recommenceront à travailler, et leurs déblais seront portés dans le lac Timsah.

C'est à cette époque aussi que nous commencerons à laisser entrer l'eau de la Méditerranée dans les lacs Amers. Cette introduction se fera par un très-large pertuis, dont les poutrelles mobiles permettront de faire varier le débit de façon à ne pas produire un courant gênant ou dangereux dans le canal maritime.

L'expérience du remplissage du lac Timsah nous a montré que le co-

rant peut, sans inconvénient, atteindre et dépasser même un peu $0^m,30$ par seconde.

Avant le printemps prochain, les dragues auront ouvert un canal de plus de 100 mètres de section partout, sauf peut-être sur quelques points encore en retard, et tous les jours la section augmentera, les étranglements disparaîtront, et la quantité d'eau introduite journellement dans les lacs croîtra aussi.

Nous pouvons donc être assurés que les lacs Amers seront remplis en moins d'une année, c'est-à-dire avant le printemps de 1869.

D'après le plan de campagne arrêté l'année dernière et que je vous avais exposé, le canal, depuis le fond des lacs Amers jusqu'à l'extrémité sud de la plaine de Suez, devait être fait à la drague, après qu'au moyen de chantiers à sec nous aurions creusé la tranchée jusqu'à 2 mètres, en contre-bas du niveau moyen de la mer Rouge.

L'eau de cette mer devait être alors admise par la tranchée ouverte dans la plaine de Suez. Elle aurait rempli assez promptement le petit lac fermé, à son débouché dans le grand lac, par un seuil naturel que nous aurions rechargé d'une digue ayant 2 mètres à l'endroit de sa plus grande hauteur.

Depuis lors, l'excellente marche des chantiers au wagon avec plans inclinés de la section de Chalouf, le nombre croissant des ouvriers nous ont décidés à proposer à la Compagnie de faire entièrement à sec, à toute profondeur, le canal, depuis les lacs Amers jusqu'à l'entrée de la plaine de Suez, c'est-à-dire sur 23 kilomètres.

Cette proposition a été adoptée. Elle avait l'avantage d'utiliser jusqu'à la fin les installations actuelles que l'entrée de l'eau et l'emploi des dragues auraient rendues inutiles, et de rendre libres, pour être utilisées dans les parties où les travaux ne peuvent se faire que par dragage, les dragues primitivement destinées à Chalouf, et par conséquent de raccourcir le délai d'achèvement du canal.

En outre, des sondages plus rapprochés, des puits ouverts sur les points où la sonde avait indiqué des couches un peu dures, l'ouverture même des tranchées préparatoires de Chalouf, avaient appris que les petites poches de sable rencontrées dans l'argile qui constitue essentiellement le terrain, depuis le Sérapeum jusqu'à Suez, que ces petites poches contenaient souvent des galets de grès assez durs, quelquefois assez gros; qu'elles reposaient même souvent sur une cuvette de ce même grès.

Ces pierres, d'une extraction très-facile et peu coûteuse à sec, ne formaient en totalité qu'un cube assez faible, mais elles pouvaient présenter certaines difficultés à la drague, entraîner alors des dépenses assez fortes et un retard d'autant plus regrettable que, suivant toute probabilité, le canal aurait été terminé sur tout le reste de son étendue.

Il fut donc décidé, comme je vous le disais, de maintenir et de développer les chantiers à sec de Chalouf.

Dans les parties où la tranchée sera profonde, c'est-à-dire à travers le seuil de Chalouf et en allant vers le nord, jusqu'au point où le terrain se trouve à peu près au niveau de la mer, c'est avec des wagons remontés par des plans inclinés avec treuils à chaîne et locomobiles que se font les terrassements. Sur tout le reste, c'est-à-dire sur 15 kilomètres, le terrain est presque partout à 4 mètres au-dessous du niveau de la mer, les terrassements se font à la brouette.

D'après la marche actuelle des travaux, le nombre toujours croissant des ouvriers, ces 23 kilomètres de canal seront certainement terminés pour le printemps de 1869.

Notre programme, pour l'exécution de la plaine de Suez, a continué à s'exécuter comme je vous l'ai exposé l'année dernière.

Sur ces 14 kilomètres, le terrain, d'une horizontalité presque parfaite, se trouve à peu près au niveau des plus hautes mers; il est, sur une très-grande longueur, presque complétement imperméable; aussi avons-nous pu, en conservant un barrage à l'extrémité de cette plaine vers Suez, creuser à bras sans épuisement le canal jusqu'au-dessous du niveau moyen de la mer Rouge.

Sur le reste, nous avons installé des pompes et des locomobiles. L'eau d'épuisement, reversée dans la plaine, était rapidement évaporée par le soleil et par l'air toujours sec dans ces parages.

La tranchée à bras a été terminée d'abord sur une certaine longueur à droite et à gauche d'un branchement du canal d'eau douce. Ce branchement a environ 1,200 mètres de long; il se détache du canal d'eau douce, perpendiculairement à la direction de ce dernier, à environ 7 kilomètres de Suez et aboutit au canal maritime. L'eau douce étant à environ 8 mètres au-dessus du niveau général de la plaine, nous avons établi sur ce branchement trois pertuis en maçonnerie à poutrelles horizontales. Ces pertuis nous ont servi de portes d'écluses, les biefs entre les pertuis de sas d'écluses.

Au moyen de ces pertuis, nous avons introduit l'eau du canal d'eau douce dans la tranchée préparatoire du canal maritime, en la tenant à peu près au niveau de la haute mer ou de la plaine; puis nous avons éclusé nos dragues, nos élévateurs.

Le terrain est composé d'argile d'un dragage facile pour nos robustes appareils; le déblai descend assez facilement dans le couloir; il ne paraît présenter aucune résistance à la chaîne balayeuse.

C'est au mois de janvier dernier, après l'achèvement du curage du canal d'eau douce, que les premières dragues ont été amenées sur les chantiers de la plaine de Suez.

Au delà de la plaine de Suez, c'est-à-dire dans la rade et jusqu'à

rivage, les dragues sont desservies par des porteurs à vapeur qui vont verser les déblais dans une anse à environ 4 kilomètres de la rade.

Trois dragues sont allées au large et sont parties du fond de 7 mètres à marée basse. Elles se dirigent vers la terre en faisant un chenal de cette profondeur.

Une seconde passe donnera la profondeur projetée de 9 mètres à marée basse.

Les dragues rencontrent un terrain très-favorable. C'est un sable ardoisé assez gros, mélangé d'argile blanchâtre molle. La fouille est facile, les godets se vident bien, les déversoirs ne s'engorgent pas, les puits des porteurs se vident facilement. De plus, les grains de sable sont trop gros pour entrer dans les articulations des chaînes à godets, et l'argile graisse les surfaces flottantes.

Ce sont les terrains les plus faciles que nous ayons dans l'isthme.

Les marées de la mer Rouge atteignent jusqu'à 2 mètres en vive eau. Même en morte eau, des courants de travers, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, gênent les accostages des porteurs et font quelquefois perdre du temps aux dragues. C'est néanmoins à Suez que nos dragues et porteurs nous donnent les plus beaux rendements mensuels.

Le tracé du canal, à son débouché dans la rade de Suez, contourne un banc accore qui découvre en partie à marée basse.

C'est sur ce banc qu'est le terrain concédé à la Compagnie, et que nous devons remblayer au moyen de dragues à couloir.

Le premier travail a dû être de l'entourer d'une digue en enrochements pour empêcher nos remblais d'être emportés par la mer.

Ce travail a marché rapidement. Commencé il y a moins d'un an, il est terminé depuis plusieurs semaines. En face de ce point la limite de haute mer est formée par un banc de grès coquillier dur et compacte. Sur ce banc, nous avons ouvert de nombreuses carrières ; à mer haute nos chalands arrivaient jusqu'auprès des exploitations, puis la mer, en se retirant, les laissait échoués sur le sable. On chargeait alors les pierres, la marée montant rafloua it les chalands qu'on allait décharger et qu'on ramenait à la même marée.

Une drague à couloir de 25 mètres creuse, en côtoyant les enrochements, le bord du chenal, et verse ses déblais derrière les enrochements. Une drague à couloir de 70 mètres vient à la suite enlever dans le chenal 150 à 200 mètres cubes par mètre courant et compléter le terre-plein.

Le tracé définitif du canal à Suez n'avait pu être arrêté qu'assez tardivement. Le premier projet avait dû être abandonné, quand les sondages avaient indiqué la présence de rocher très-dur sur presque un kilomètre de longueur en face de Suez.

Des sondages faits à droite et à gauche de la ligne indiquaient que le banc plongeait vers l'Est. En se reportant de plus en plus dans cette di-

rection, on finit par trouver, à 1,200 mètres à l'Est du premier projet, un tracé qui évite complétement le rocher.

D'un autre côté, l'insuffisance de profondeur d'eau dans le canal d'eau douce et dans les premiers chenaux du canal maritime, à la traversée des lacs Menzaleh et Ballah, avait retardé l'arrivée des dragues et le commencement des travaux.

En janvier dernier seulement, nos premières dragues arrivèrent à Suez. Remontées en quelques jours, elles fonctionnèrent aussitôt d'une manière satisfaisante; en même temps, les installations de cette section s'élevèrent promptement sur l'îlot que nous créâmes au milieu du futur terre-plein de la Compagnie. Ce rapide développement de nos travaux donna aux nombreux voyageurs de l'Inde une idée favorable de nos énormes moyens d'action, des énormes ressources que la Compagnie avait, avec tant de persévérance, malgré tant d'obstacles matériels et de toute nature, réunies dans l'isthme.

Tel est, messieurs, l'état actuel de notre entreprise de Port-Saïd à Suez: le terrain est attaqué partout, et le canal, de 160 kilomètres, n'est plus qu'un seul chantier interrompu seulement par les lacs Amers.

Je vous ai décrit l'année dernière les principaux engins qui composent notre matériel. A la liste que je vous ai donnée alors, il faut ajouter encore deux grandes dragues à couloirs de 70 mètres, quelques canots à vapeur pour le remorquage des chalands de charbon à l'intérieur des sections, une trentaine de locomobiles pour faire marcher les pompes des longs couloirs, de nouveaux treuils de plans inclinés pour la section de Chalouf.

Ce matériel nous est maintenant presque entièrement livré. Son achèvement s'avance rapidement, et avant le 1er janvier il n'y aura plus un appareil qui ne soit en fonctionnement.

EXPÉRIENCES

SUR

L'ÉCOULEMENT DES GAZ EN LONGUES CONDUITES

FAITES

dans les usines de la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz,

PAR ORDRE DE

I. **de Gayffier**, INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES, DIRECTEUR DE LA COMPAGNIE,

ET DE

M. Camus, SOUS-DIRECTEUR,

Par M. **ARSON**
Ingénieur en chef de la Compagnie Parisienne,

et MM. MONARD et HONORÉ
Elèves de l'École centrale des Arts et Manufactures.

Ce mémoire a remporté la médaille d'or à la Société des ingénieurs civils.

EXPOSÉ.

La connaissance des lois physiques relatives à l'écoulement des gaz ns de longues conduites, présente un intérêt qui va croissant avec le mbre et l'importance des applications.

La distribution du gaz de l'éclairage, par exemple, est devenue une ınde question, à cause de la nature du service qu'elle doit assurer et la proportion des moyens dont elle nécessite l'emploi.

La certitude dans la réalisation des grands projets que pose aujourd'hui te industrie, est commandée par l'importance des dépenses qu'elle :essite. Pour l'atteindre avec économie, l'industrie ne possédait encore guères en dehors des sentiments pratiques qui la guident, que des ınées théoriques fort incomplètes.

.'envoi du gaz à de grandes distances du lieu de sa production, préte particulièrement un intérêt considérable qu'aucune donnée ne pout assurer, la question de l'écoulement du gaz en longues conduites yant pas encore été l'objet d'études précises comme il en a été fait l'écoulement de l'eau.

Girard avait bien fait connaître, en 1821, les résultats d'expériences faites par lui sur cette question; mais l'emploi qu'il fit de tubes très-petits (des canons de fusils), ne permettait pas de croire que ses résultats fussent applicables à de grosses conduites en fonte brute.

D'Aubuisson, en 1827, avait avancé la question en expérimentant sur des tuyaux de dimension plus grande; mais il n'avait pu apprécier les volumes de gaz écoulés que par le calcul, et la détermination déjà si délicate des pertes de pression par le frottement, pouvait être affectée de toutes les incertitudes qui planent sur la détermination des volumes écoulés et, par conséquent, des vitesses produites.

Dailleurs, d'Aubuisson avait admis que la nature de la surface intérieure du tuyau n'avait pas d'influence sur le trouble qu'elle produit dans le mouvement du gaz; il était donc douteux que ses observations, faites sur des tuyaux en fer blanc de *cinq centimètres de diamètre*, fussent comparables à celles qui étaient à faire.sur de grosses conduites en fonte brute.

Dans le précieux ouvrage qu'il a publié en 1843, *Traité de la chaleur considérée dans ses applications*, Péclet a recherché aussi les données qui pouvaient être appliquées avec certitude à la question de l'écoulement des gaz en longues conduites.

Il a rappelé d'abord les travaux de Girard, sur de l'air et sur du gaz d'éclairage. Mais il ne paraît pas s'être arrêté aux conclusions de l'expérimentateur.

Il a rappelé au contraire, avec beaucoup de soin, les travaux exécutés par d'Aubuisson.

Toutefois, exprimant une inquiétude qui témoigne de l'expérience qu'il avait lui-même dans la question, il exprime cette pensée aujourd'hui parfaitement justifiée : que la formule de la vitesse à laquelle s'est arrêté l'auteur *présente quelque incertitude, parce que le coefficient de frottement doit certainement varier avec la nature du tuyau de conduite.*

Il cite même à l'appui de cette opinion la différence observée par Girard qui a été conduit à la détermination du coefficient pour la fonte et pour le fer. Enfin plus loin il ajoute :

Ces circonstances sont importantes à remarquer, car il est probable que les coefficients dépendent de l'état des surfaces.

A défaut d'études plus exactes, les ingénieurs chargés de traiter les grandes questions soulevées par le développement de la distribution du gaz d'éclairage, cherchèrent dans les faits pratiques des renseignements capables de confirmer ou de modifier les chiffres fournis par d'Aubuisson.

M. Mayniel, alors ingénieur de la Compagnie française d'éclairage par le gaz, à Paris, avait observé la perte de pression que subissait le gaz envoyé de l'usine du faubourg Poissonnière à l'administration des postes

par une conduite de *deux cent seize millimètres de diamètre*, en fonte, et n'alimentant aucune autre consommation sur son parcours.

Ces données lui avaient permis de déterminer un coefficient fort applicable à la question qui le préoccupait, puisquelles étaient tirées des conditions pratiques de l'application elle-même. Elles devaient, en effet, exprimer l'influence de la nature de la surface frottante du tuyau, des coudes qui se présentent à tous les changements de direction, des défauts de raccordement des tuyaux entre eux, de la nature du fluide écoulé, etc.

Le chiffre recueilli dans ces conditions devait être certainement applicable à tous les cas semblables, et il paraissait que la question fût résolue, au moins dans des limites suffisantes pour la pratique.

Il n'en était malheureusement pas ainsi, parce que le frottement du gaz varie avec le diamètre des tuyaux et que le chiffre obtenu par des observations faites sur la conduite de *deux cent seize millimètres*, n'était pas applicable à tous les autres diamètres.

Cette objection ressortit incontestablement d'observations faites sur de grosses conduites partant des usines et pénétrant dans Paris.

La perte de charge fut trouvée beaucoup moindre qu'elle n'avait été constatée dans la conduite de l'hôtel des postes, mais il y avait lieu de remarquer que ces conduites étaient en tôle vernie, et on devait se demander si cet état différent de la surface intérieure n'était pas la cause de la différence dans les pertes de charge observées.

A cette époque, la publication d'un ouvrage spécial, *le Traité de l'éclairage au gaz par Clegg*, traduit en français par un ingénieur de la Compagnie parisienne, M. Servier, vint ajouter encore une raison à l'intérêt que présentait la détermination exacte des pertes de charge qu'éprouvent les gaz qui se meuvent dans de longues conduites. L'auteur anglais réunissait des données recueillies par des observations nombreuses et circonstanciées qui faisaient ressortir tout l'intérêt qui s'attachait à la question, mais qui ne la résolvaient pas.

Toutefois il devenait évident à l'examen attentif de ces chiffres relevés sur des conduites de même nature, en fonte, que le diamètre avait une grande influence sur les pertes de charge.

Ces observations, basées sur les données de l'auteur anglais, ajoutèrent donc un nouvel intérêt à la recherche des pertes de charge éprouvées par les gaz qui se meuvent dans de longnes conduites, et déterminèrent l'entreprise de recherches spéciales et complètes qui furent exécutées dans les usines à gaz de la Compagnie parisienne.

EXPÉRIENCES.

MOYENS D'OBSERVATION.

Pour produire dans de longues conduites de gros diamètre un mouvement parfaitement uniforme, et pouvoir constater des pressions constantes pendant un temps donné, il importait d'emprunter le gaz à mettre en mouvement à une source constante aussi dans son action et relativement indéfinie.

L'emploi d'un gazomètre, fonctionnant comme cause première du mouvement, était donc nécessaire. Cet appareil pouvait, en outre, servir de moyen direct de jaugeage des quantités écoulées, à la condition que ces quantités fussent dans un rapport convenable avec sa capacité et la rectitude de sa marche.

Un gazomètre de *quinze mille mètres cubes de capacité*, nouvellement construit dans l'usine de Saint-Mandé, fut employé tout d'abord à fournir le gaz nécessaire aux expériences et à le mesurer.

Une machine locomobile, actionnant un exhausteur du système Beal remplissait d'air le gazomètre lorsqu'on avait épuisé son contenu.

Ces expériences, relatives aux conduites de très-gros diamètres, furent faites sur de l'air dont la densité a été déterminée avec soin, par l'observation des températures et des pressions, au moyen d'instruments exacts et précis.

Pour éviter les erreurs d'appréciation qui auraient pu provenir de l'irrégularité dans la marche de la cloche du gazomètre, deux observateurs placés aux extrémités d'un même diamètre, opérant à un signal commun, déterminaient par la moyenne de leurs observations, la course réellement effectuée, de laquelle on devait déduire la dépense.

Les conduites expérimentées étaient posées de niveau sur le sol, en ligne droite et sur la plus grande longueur possible, qui fut de *cent mètres utiles*.

Leur raccordement avec le tuyau de sortie du gazomètre était fait par une portion de conduite non soumise à l'expérience, et la pression initiale n'était observée que dans la partie droite du tuyau, là où les coudes et les changements de direction n'exerçaient plus d'influence appréciable.

Les pressions et les températures de l'air en mouvement étaient observées en trois points de la longueur soumise à l'expérience, au départ, au milieu et à l'extrémité.

C'est dans ces conditions que s'effectuèrent les expériences qui furent faites sur des conduites de *cinquante centimètres et trois cent vingt centimètres de diamètre*. Celles qui furent tentées sur des conduites plus petites ne réussirent pas. Elles étaient entachées bien évidemment d'erreurs

et, suivant toutes les probabilités, c'était à la méthode d'observation du volume écoulé qu'il fallait les attribuer.

Le gazomètre employé pour engendrer le mouvement était de dimension hors de proportion avec la faible dépense correspondant aux petites conduites, et les irrégularités de ses indications exerçaient alors sur les observations une influence qui les rendait inacceptables.

L'époque arriva, d'ailleurs, où les exigences du service obligèrent à la mise en fonction utile du gazomètre de Saint-Mandé, consacré jusque-là aux expériences, et les recherches destinées à compléter le travail commencé, durent s'exécuter l'année suivante à l'usine de la Villette sur un autre gazomètre nouvellement construit, et non encore livré au service de la fabrication.

Ce fut encore à un gazomètre qu'on demanda l'alimentation de l'air nécessaire aux expériences, non seulement parce qu'on avait été satisfait de la fonction remplie par cet appareil à Saint-Mandé, au point de vue de la génération d'un écoulement régulier, mais surtout parce qu'on se proposait d'expérimenter sur le gaz même de l'éclairage qu'il fallait bien emprunter à un gazomètre.

Mais il fallait mesurer le volume écoulé par un autre moyen plus en rapport avec les proportions des conduites à expérimenter. C'est au compteur à gaz qu'on eut recours.

Les compteurs de fabrication peuvent en effet mesurer, par une cubature effective, des volumes relativement considérables, de *mille mètres cubes à l'heure* par exemple.

Pour rendre les appréciations plus exactes et mettre les volumes en rapport avec la sensibilité des compteurs et de leurs cadrans indicateurs, on employa plusieurs compteurs de dimensions différentes et de puissance convenablement proportionnée à l'importance de l'écoulement expérimenté.

L'air ou le gaz fourni par un gazomètre parcourait d'abord la conduite en expérience, puis sortait par le compteur qui en exprimait le volume.

Un baromètre de précision, des thermomètres sensibles et la montre à secondes, furent encore employés pour les diverses observations à faire.

Les conduites jointoyées au plomb, étaient soigneusement observées pendant la durée des expériences; leur étanchéité était constatée à l'aide de l'eau de savon promenée sur les joints, alors qu'elles étaient en fonction.

Les pressions furent constatées avec des instruments qui demandent une description spéciale.

Ces appareils, dus à M. Brunt, habile fabricant de compteurs à gaz, se prêtent à la mesure de pressions ne différant que par des *centièmes de millimètre* de hauteur d'eau. Ils se composent (PL. 91), d'une cloche

flottante, dont le simple déplacement exprime déjà en hauteur d'eau les différences de pression par des hauteurs trois fois plus considérables!

Une crémaillère montée sur la cloche, conduit une grande roue dentée dont l'axe porte une aiguille qui indique sur un premier cadran, et d'une façon déjà très-appréciable, à cause de la multiplication due aux proportions de cette cloche, *les centimètres parcourus*. Cette grande roue met ensuite en mouvement un pignon dont l'axe porte une seconde aiguille marquant sur un cadran, *les centièmes de millimètre de hauteur d'eau*.

La perfection d'exécution de ces appareils est telle que le jeu des engrenages n'affecte les indications que de quelques centièmes de millimètre de hauteur d'eau, et encore faut-il pour cela qu'il y ait renversement dans le sens des indications.

On peut donc dire avec vérité que les pressions mesurées par des *centièmes de millimètre* de hauteur d'eau ont été rendues sensibles et mesurables.

Ces appareils portent d'ailleurs, sur leur face, des manomètres ordinaires, en tubes de gros diamètre, permettant de comparer les indications du multiplicateur avec celles qui sont exprimées par la pression elle-même sans emploi d'aucun intermédiaire. Ce moyen de vérification appliqué dans une grande étendue qui rendait négligeable les erreurs d'appréciation, a permis de contrôler la parfaite exactitude du multiplicateur et d'admettre sans réserve le bénéfice de sa sensibilité.

La cloche de cet appareil est faite dans une seule feuille de métal laminé; elle est donc très-régulière de diamètre, et offre bien à toute hauteur l'égalité de section si nécessaire à l'exactitude des indications de l'appareil.

A la Villette comme à Saint-Mandé, les conduites en expérience étaient posées en ligne droite, sur un terrain parfaitement nivelé, et permettant de dresser sans coude ni déviation des conduites de *trois cents mètres de longueur*.

Le raccordement avec le gazomètre générateur était d'ailleurs fait comme à Saint-Mandé, par une canalisation non soumise aux observations et dont la position n'avait aucune relation obligée avec celle qui fournissait matière aux expériences.

Les observations sur l'écoulement dans des tuyaux de gros diamètre furent encore faites sur de l'air; mais celles qui furent exécutées sur les tuyaux de *quatre-vingt-un* et *cinquante millimètres* de diamètre furent répétées sur le gaz alimentant la ville. C'est ainsi qu'a pu être confirmée la loi de proportionnalité de la densité qui entre dans l'expression de la perte de charge par le frottement.

L'ensemble de ces dispositions, si logique qu'il parût, pouvait cependant ne pas répondre à toutes les exigences, ou omettre quelque particularité importante qui eût motivé des regrets.

Avant de le mette en œuvre, il parut utile de le soumettre au jugement

des membres de la Société des ingénieurs civils. Il fut, en effet, l'objet d'observations qui commandèrent certaines études préalables. Les recherches faites alors eurent d'abord le mérite d'aplanir les difficultés soulevées, ne laissant debout aucune objection qui put infirmer la valeur des résultats qui allaient être obtenus, et aussi, de confirmer par des observations directes un principe d'hydrodynamique évident par lui-même, sans doute, mais intéressant à justifier par expérience.

Voici l'objection faite aux procédés d'expérimentation projetés :

Lorsqu'on applique sur la paroi d'une conduite le branchement d'un manomètre, on observe une pression qui n'est peut être pas celle qu'il convient d'attribuer à tous les filets du liquide ou du fluide qui s'écoule dans la section transversale correspondante.

Il arrive, en effet, disait-on à l'appui de cette observation, que lorsqu'on introduit un tube manométrique dans l'intérieur d'un tuyau, tout en le maintenant perpendiculaire à l'axe, la pression exprimée par le manomètre change avec la pénétration du tube abducteur.

Puisqu'il y a indication de plusieurs pressions dans le faisceau de filets qui s'écoulent, quelle est celle qu'il convient d'attribuer à l'ensemble? Cela même est-il possible à faire?

Cette objection paraissait capitale ; elle demandait dans tous les cas un examen qui la levât, avant que les expériences pussent être continuées.

Si elle était fondée, il devenait nécessaire en effet de changer la méthode d'observation. Il fallait, par exemple, faire partir le gaz de l'état de repos et le ramener à l'état de repos, en le faisant passer d'un grand réservoir dans un autre. Il fallait par conséquent introduire dans la question les embarras résultant d'une méthode aussi compliquée. Les incertitudes qui peuvent exister encore sur la détermination des vitesses à l'origine, l'action tout à fait inconnue des coudes, devenaient autant de difficultés sérieuses dans les appréciations à faire et, fatalement, des causes d'erreurs.

Il importait d'éviter de semblables complications, et il était, par conséquent, désirable de justifier pratiquement la solidité du principe qui admet que des filets fluides qui s'écoulent avec des mouvements *rectilignes, parallèles* et *uniformes*, sont nécessairement sous des *pressions égales, quelles que soient d'ailleurs les vitesses dont chacun d'eux est animé* (M. Belanger).

Voici le raisonnement qui conduisit à la solution de ces difficultés.

Si ce principe est vrai et si cependant le manomètre, employé comme il vient d'être dit, accuse des pressions différentes, c'est que l'opération est viciée par une cause étrangère ; or, elle se pratique en introduisant perpendiculairement dans la conduite le tube adducteur du manomètre ; c'est donc là que doit être la faute.

Il devait se passer dans ce cas quelque chose de semblable à ce qui se produit sur le tube de Dubuat, lorsqu'on l'introduit verticalement dans

un liquide en mouvement. En effet, on remarque dans ce cas, que le niveau de l'eau dans le tube s'abaisse au-dessous du niveau général.

Si la comparaison était juste, la cause perturbatrice devait être la même, et il devait suffire de la faire cesser pour faire disparaître l'infidélité des indications.

Or, M. Belanger attribue l'inexactitude des indications du tube de Dubuat à la déviation que les filets éprouvent à leur rencontre avec le tuyau, déviation qni les contraint de décrire un mouvement curviligne au-dessous de l'orifice de ce tuyau sur lequel ils n'exercent pas par conséquent une pression correspondante à celle qui règne dans toute la section horizontale correspondante. Si donc on réussissait à empêcher la déviation devant l'orifice du tuyau, on devait retrouver la pression propre à la couche liquide ou fluide considérée.

Le problème ainsi posé, la solution était indiquée et l'expérimentation facile.

Il suffisait en effet de terminer le tube manométrique par un disque plat et mince qui put isoler les filets passant devant son orifice des filets contournant sa tige, et soustraire les uns à l'influence des autres sans introduire d'ailleurs d'action perturbatrice dans le mouvement commun.

L'essai fut fait et il confirma complétement les déductions théoriques qui précèdent.

Un tube garni à son extrémité d'un disque mince de cinquante millimètres de diamètre fut introduit dans un tuyau de cinq cents millimètres où la vitesse moyenne de l'air dépassait douze mètres par seconde, et la pression qu'il indiqua dans toutes les couches, fut identiquement la même.

Le manomètre sensible décrit précédemment et employé pour rechercher les très-faibles différences de pression qui auraient pu se produire et échapper à l'attention des observateurs, constata l'égalité la plus absolue. Ses indications étaient d'ailleurs sensibles, puisque changé de place, suivant l'axe du tuyau, il révéla immédiatement des différences de pression de quelques centièmes de millimètres de hauteur d'eau.

Il y a plus : l'essai fait avec un branchement manométrique semblable au précédent, mais dégarni d'ajutage, fut pratiqué dans les mêmes conditions, et il indiqua immédiatement des différences de pression rendues très-sensibles par l'emploi du même appareil multiplicateur.

Il était donc bien établi que le manomètre placé sur la paroi d'une conduite, de manière à ne faire apparaître à l'intérieur aucune saillie capable de troubler le mouvement, fournissait des indications aussi exactes de la pression qu'il est désirable de les observer, et que cette pression est bien celle de toute la section transversale.

Si on considère en outre qu'entre deux points extrêmes d'une conduite horizontale et rectiligne, aucune autre cause que le frottement de la paroi ne peut modifier le mouvement, il était parfaitement établi qu'on

pouvait attribuer à cette seule cause les perturbations introduites dans le phénomène.

Rien donc n'arrêtait plus l'exécution des expériences projetées à l'usine de la Villette suivant le programme arrêté; elles furent exécutées.

Pour réduire autant que possible l'influence des variations de température, les expériences n'ont pas été faites par les jours d'été où le soleil exerçait sur les tuyaux placés hors du sol une action trop sensible.

Quelques chiffres recueillis dans ces conditions ont été écartés.

Dans toutes les observations considérées comme réussies et conservées, la température du gaz écoulé a été constante pendant la durée de l'observation.

Il est donc vrai de dire, en ce qui concerne l'influence de cette cause sur le changement de volume du gaz, qu'il était soumis pendant l'écoulement aux conséquences de la loi de Mariotte, et c'est là, on le sait, l'hypothèse faite par M. Belanger. Rien donc ne pouvait nuire à la justesse de son application.

CHOIX DES FORMULES.

Les premiers essais faits à Saint-Mandé, sur des conduites de gros diamètres, n'intéressant pas une étendue suffisante du phénomène, pouvaient être exprimés assez exactement par la formule qu'employa d'Aubuisson :

$$Q = K\sqrt{\frac{H D^5}{L \delta}}.$$

Le coefficient K devait seulement être déterminé par l'expérience.

Les expériences faites à la Villette, sur des conduites de petits diamètres, démontrèrent qu'il n'était pas possible d'en relier les résultats avec les précédents par cette formule, et, si intéressant qu'il fut de la conserver à cause de sa simplicité et de la confiance qu'elle avait commandée jusque-là, il fallut l'abandonner.

La formule, plus complète, qui contient l'expression du frottement en fonction du premier et du second degré de la vitesse moyenne

$$(au + bu^2)$$

fut au contraire et très-exactement satisfaite par les données de l'observation.

Les valeurs de a et de b restèrent encore variables avec les diamètres et durent être déterminées pour chacun d'eux, mais elles furent trouvées constantes pour un même diamètre avec toutes les vitesses, et celles-ci furent poussées jusqu'à douze mètres par seconde.

Enfin, les valeurs successives de ces coëfficients a et b n'éprouvèrent d'un diamètre à l'autre que des variations régulières qui permirent de

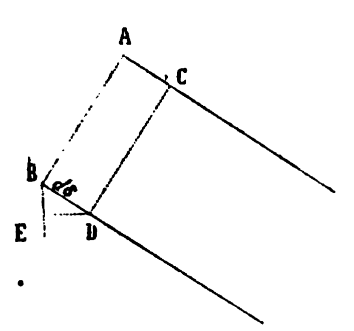
tracer des courbes suivies, qui, si elles ne sont pas susceptibles d'être interprétées par une expression simple, peuvent au moins être considérées comme s'en approchant beaucoup. Cette obligation de maintenir dans la formule générale le terme exprimant la résistance due au frottement des parois, en fonction de la première et de la seconde puissance de la vitesse, ne présenta pas d'ailleurs de difficulté.

La théorie de cette question exposée par M. Belanger dans son cours de mécanique, reste complétement applicable à la seule condition de conserver sans simplification l'expression de la résistance due au frottement.

Il s'exprime ainsi :

Du mouvement permanent des gaz dans les tuyaux cylindriques.

« Nous supposerons pour simplifier la question que le mouvement a lieu par tranches parallèles.



« Soit une portion de fluide comprise entre deux sections AB, CD, dont l'intervalle infiniment petit ds est parcouru dans le temps dt.

« Les pressions totales sur les faces AB, CD, étant ΩP et $\Omega(P + dP)$, la différence de niveau BE étant dz, et le poids du gaz par mètre cube à la pression P étant π, il ne reste, pour appliquer le principe du mouvement du centre de gravité, qu'à tenir compte de la résistance longitudinale du tuyau.

« Par analogie avec ce qui a lieu pour les liquides, on est conduit à considérer cette force comme proportionnelle : 1° à la surface de contact χds; 2° à une fonction du second degré de la vitesse moyenne.

« De plus, on a reconnu qu'elle est proportionnelle à la densité du gaz, de sorte que cette force serait exprimée par :

$$\pi\chi ds\,(au + bu^2).$$

Il vient d'être dit que l'expérience a démontré que cette expression de la résistance doit être conservée sans simplification; mais les données mêmes du problème permettent de supprimer les complications de

briques qui sont relatives au changement de niveau. Poursuivant donc la solution de la question dans ces termes et toujours en suivant M. Belanger, c'est-à-dire en partant de l'équation qui exprime que l'accroissement de la quantité de mouvement est égale à la somme des impulsions des forces, on écrit :

$$m\frac{du}{dt} = -\Omega dP - \pi\chi(au + bu^2)\,ds,$$

« remplaçant *m* par sa valeur

$$\frac{\pi\Omega u dt}{g} \text{ ou } \frac{\pi\Omega ds}{g};$$

« puis enfin

$$\pi \text{ par } \frac{P}{K} \text{ et } \frac{\chi}{\Omega} \text{ par } \frac{4}{D};$$

« le diamètre de la conduite étant D, la formule devient :

$$\frac{udu}{g} = -\frac{KdP}{P} - \frac{4}{D}(au + bu^2)\,ds.$$

« Les variables *u* et P ont entre elles une relation simple. Le poids $\pi\Omega u$ ou $\frac{P\Omega u}{K}$, dépensé par seconde, est constant; et puisque K et Ω sont invariables dans l'étendue de la conduite, il s'ensuit que P*u* est constant.

« Soit donc :

$$Pu = K',$$

« on en conclura :

$$u = \frac{K'}{P}; \text{ et } du = -\frac{K'dP}{P^2},$$

« et, en substituant ces expressions dans l'équation,

$$\frac{K'^2dP}{gP} = KPdP + \frac{4}{D}bK'^2ds + \frac{4}{D}aK'Pds.$$

« Le seul terme P*ds* n'est pas immédiatement intégrable, parce que la valeur de la pression P varie dans la longueur de la conduite. Mais, comme la pression P varie d'une quantité peu considérable par rapport à ses valeurs extrêmes, on fera une erreur très-peu sensible, si à la variable P on substitue la moyenne arithmétique entre ses valeurs P_0 et P_1 prises aux deux extrémités de la conduite. »

(On peut encore justifier cette solution, en faisant remarquer que le produit P*ds* est constant, puisque le volume correspondant à *ds* est en raison inverse de la pression P.)

« En intégrant dans cette hypothèse la dernière équation, en désignant par L la longueur de la conduite, on obtient :

$$2{,}3026\,\frac{\overline{K'}^2}{g}(\log P_1 - \log P_0) = \frac{K}{2}(P_1^2 - P_0^2) + \frac{4b\overline{K'}^2L}{D} + \frac{4}{D}aK'L\frac{P_0 + P_1}{2}.$$

d'où, en remplaçant K' par sa valeur $P_1 u_1$ dans laquelle la pression P_1 et la vitesse u_1 sont celles qui ont lieu à l'extrémité d'aval ou de sortie, on conclut aisément :

$$\frac{u_1^2}{2g}\left(\frac{8bgL}{D}+4{,}6052\log\frac{P_0}{P_1}\right)=\frac{K}{2}\left[\left(\frac{P_0}{P_1}\right)^2-1\right]-\frac{4L}{D}au_1\frac{P_0+P_1}{2P_1}, \quad (8)$$

« formule dans laquelle

$$K=\frac{10334}{1,293}\times\frac{(1+at)}{\delta}=\frac{7955}{\delta}(1+at). \text{ »}$$

En résolvant par rapport à u_0, ce qui se fait en remplaçant K' par $P_0 u_0$, on arrive à une expression qui est dans un rapport plus direct avec les valeurs observées des volumes dans le gazomètre.

$$\frac{u_0^2}{2g}\left(\frac{8bgL}{D}+4{,}6052\log\frac{P_0}{P_1}\right)=\frac{K}{2}\left[1-\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^2\right]-\frac{4L}{D}au_0\frac{P_0+P_1}{2P_0}. \quad (8\ bis)$$

Si, pour faciliter le raisonnement, on représente, savoir :

$\frac{\overline{u_0}^2}{2g}\frac{8bgL}{D}$ . . . . par A*b*,

$\frac{4L}{D}au_0\frac{P_0+P_1}{2P_0}$ . . . . par B*a*,

$\frac{\overline{u_0}^2}{2g}4{,}6052\log\frac{P_0}{P_1}$ . . . . par C,

$\frac{K}{2}\left[1-\left(\frac{P_1}{P_0}\right)^2\right]$ . . . . par D,

la formule (8 *bis*) devient :

$$Ab+Ba+C=D.$$

$$Ab+Ba=D-C=E. \quad (9)$$

Pour une autre expérience sur le même diamètre, on aurait :

$$A'b+B'a=E'. \quad (10)$$

De la formule (9) on tire .

$$a=\frac{E-Ab}{B}; \quad (11)$$

remplaçant *a* par sa valeur dans la formule (10), on trouve :

$$b=\frac{E'B-B'E}{A'B-B'A}.$$

Dans cette dernière formule, tout est connu ; on peut donc en déduire la valeur de *b* et par une substitution dans la formule (11) celle de *a*. C'est ainsi qu'ont été calculées les valeurs consignées au tableau suivant :

Diamètre de la conduite.	Nombre des expériences.	Valeur de *a*.	Valeur de *b*.	Nature de la conduite.
mètr. 0.500	27	0.000020	0.000246	Fonte.
0.325	31	0.000151	0.000326	—
0.254	4	0.000237	0.000359	—
0.103	7	0.000560	0.000480	—
0.081	10	0.000589	0.000489	—
0.050	5	0.000702	0.000595	—
0.050	4	0.000738	0.000345	Fer blanc.

Si on trace avec ces valeurs des courbes, en portant les diamètres en abcisses et les valeurs de *a* et de *b* en ordonnées (PL. 92), on constate que ces courbes ont des inflexions très-régulières, qui, si elles ne se prêtent pas à une expression géométrique simple, permettent au moins de faire avec assez de certitude l''interpolation nécessaire à la production de valeurs intermédiaires.

C'est ainsi qu'ont pû être déterminées avec une exactitude suffisante, les valeurs des coefficients *a* et *b*, applicables aux conduites de diamètres non expérimentés, notamment celles de $0^m,600$ et $0^m,700$ de diamètre.

Il importe de remarquer, d'ailleurs, que ces coefficients ont été déterminés pour des tuyaux en fonte, de longueurs ordinaires, assemblés par pénétration dans des emboîtures; tels enfin, qu'on les trouve dans le commerce.

Il est probable que d'autres conditions de longueur ou d'assemblage des tuyaux feraient varier la résistance que ces causes introduisent dans l'écoulement. La surface intérieure de la matière du tuyau exerce, dans tous les cas, une influence incontestable sur le frottement que le gaz éprouve à son contact et tout changement dans cet état aura nécessairement une grande influence sur la perte de charge.

Une expérience spéciale a été faite à ce sujet dans des tuyaux en ferblanc de *cinq centimètres de diamètre;* elle avait d'ailleurs aussi pour but de rattacher les expériences faites par d'Aubuisson à celles qui venaient d'être exécutées et qui accusaient des résistances plus grandes.

Ce qui a été trouvé montre l'influence considérable de ces différences de conditions.

Dans l'exposé qu'il fait, d'Aubuisson ne dit pas comment étaient assemblés les tuyaux qu'il a expérimentés. Pour ne pas introduire de cause

d'erreur dans les résultats, on s'est appliqué à réaliser le plus exactement possible le diamètre indiqué, et, pour cette raison, on a réuni les tuyaux en fer-blanc avec des viroles extérieures qui ont permis de maintenir ceux-ci au diamètre exact et continu.

Des observations, dans des conditions égales de diamètres, de longueur de tuyaux et de vitesses du fluide, ont été faites sur des conduites en fonte de fabrication ordinaire.

Ces deux séries d'observations ont reproduit les résultats observés et rapportés par d'Aubuisson, tout en confirmant ceux qui ressortaient des expériences nouvelles faites sur la fonte.

L'influence de la surface sur le frottement des gaz est donc établie d'une manière incontestable.

Voici les résultats trouvés :

	Coefficient a.	Coefficient b.
Fonte	0,000702	0,000593
Fer-blanc	0,000738	0,000345

Ils ont pour conséquence de réduire la perte de charge dans le fer blanc aux *deux tiers* de la valeur qu'elle atteint dans la fonte.

TABLES.

La pratique des choses industrielles éloigne tellement des méthodes compliquées que la possession d'une formule, si exacte qu'elle soit, devient presque une chose inutile.

D'ailleurs, les tâtonnements auxquels elle condamne inévitablement, font perdre un temps précieux et conduisent trop généralement à l'abandon.

Une table calculée à l'avance, fournissant sans travail, et surtout sans exposer à des erreurs, toutes les solutions possibles, est certainement la seule expression sous laquelle une formule aussi compliquée que celle qui est relative à l'écoulement du gaz puisse se faire accepter.

C'est pour ces raisons, sans doute, que les lois de l'écoulement des liquides ont fait naître la rédaction des tables qui sont devenues d'un usage général. Il fallait donc, pour utiliser les résultats obtenus, dresser pour l'écoulement du gaz, des tables semblables.

Pour faire ce travail, il importait de simplifier autant que possible la formule à appliquer. On remarqua alors qu'en considérant le gaz comme inextensible, la formule se simplifiait beaucoup. Cette hypothèse fut admise; voici d'ailleurs la mesure de l'erreur qu'elle introduit dans le calcul et qu'il est possible d'admettre généralement. En calculant séparément la perte de charge fournie par chacune des méthodes pour de l'air

s'écoulant avec une vitesse de *cinq mètres*, dans une conduite de *cinquante centimètres* de diamètre et de *mille mètres* de longueur; ou, pour plus de simplicité dans les calculs, en déterminant la longueur correspondant, dans chaque hypothèse, à une vitesse de *cinq mètres* et à une perte de charge de $0^{m},0274$, on trouve :

Par la formule rigoureuse. . . . . 993 mètres
Par les tables. . . . . 1000 mètres

La simplification de la formule rigoureuse, dans ces limites, est donc pour la plupart des applications, tout à fait justifiée.

Voici d'ailleurs ce que devient l'équation (8) lorsqu'on y fait disparaître le terme dû à l'élasticité des gaz.

$$\frac{4L}{D}\,bu^2 = \frac{K}{2}\left[1 - \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^2\right] - \frac{4L}{D}\,au\,\frac{P_0 + P_1}{2P_0},$$

ou en posant :

$$P_1 = P_0 - p,$$

$$\frac{4L}{D}\,bu^2 = \frac{K}{2}\left[\frac{2p}{P_0} - \frac{p^2}{P_0^2}\right] - \frac{4L}{D}\,au\left(1 - \frac{p}{2P_0}\right);$$

et en remarquant que les termes $\frac{p^2}{P_0^2}$ et $\frac{p}{2P_0}$ sont très-petits par rapport aux termes positifs dont ils doivent être retranchés, on peut sans erreur appréciable réduire la formule à

$$\frac{4L}{D}(au + bu^2) = \frac{Kp}{P_0},$$

d'où :

$$p = \frac{4L}{D}\,\pi\,(au + bu^2), \qquad (13$$

dans laquelle π représente le poids du fluide qui s'écoule.

C'est au moyen de cette formule (13) qu'ont été calculées les pertes de charge des tables ci-jointes.

Dans la confection de ces tables on s'est donné *les volumes* à écouler, on en a déduit *la vitesse*, puis *la perte de charge*.

Celle-ci a été calculée pour l'air de densité égale à l'unité et pour le gaz propre à l'éclairage auquel il a été attribué une densité égale à 0,41 de celle de l'air. Ce chiffre est d'ailleurs la moyenne de douze observations faites sur le gaz de fabrication ordinaire, livré à la consommation.

Enfin, les tables ont été dressées pour un écoulement ayant lieu dans une conduite de *mille mètres* de longueur, et les pertes de charge, correspondantes à toute autre étendue, seront obtenues par un calcul proportionnel.

ÉTUDE

SUR L'ÉCOULEMENT DES GAZ

EN LONGUES CONDUITES

EXPÉRIENCES FAITES

AUX USINES DE SAINT-MANDÉ ET DE LA VILLETTE

1863-1864

Expériences du 5 novembre 1863. — Diamètre, 0m,250. — Conduite en fonte. — Longueur de la conduite, 268 mètres.

Nos des expériences.	HEURES des observations.	DURÉES des expériences.	RELEVÉS du compteur en mètres cubes.	VOLUMES écoulés V en mètres cubes. Totaux.	VOLUMES écoulés V en mètres cubes. par 1".	VOLUMES écoulés Vo en mètres cubes par 1".	VITESSES moyennes Uo en mètres par 1".	TEMPÉRATURES du fluide dans la conduite en degrés centigrades. à l'origine. T_0	à la fin T_1	moyennes $\frac{T_0+T_1}{2}$	HAUTEURS en eau et en mètres des manomètres. à l'origine.	à la fin.	PERTES de charges en hauteur d'eau et en mètres.	OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES en mètres et en degrés centigrades. TEMPÉRATURE du baromètre.	COEFFICIENTS de correction.	HAUTEURS lues en mercure.	HAUTEURS transformées en eau.	POIDS du fluide qui s'écoule en kilog.	PERTES de charge, le fluide ramené à 0°. et à la pression 0m.76 en mètres.	OBSERVATIONS.
	h. m.		mc	mc	mc	mc	m	°	°	°	m	m	m	°		m	m	kg	m	
	3.30		871					14	12.5		0.1350	0.0737		12.5		0.7695				Expériences faites avec de l'air.
	3.35		971					13.7			0.1350	0.0738		12.4						
8	3.40		1076					13.7			0.1354	0.0738		12.4						
	3.45	15'	1171	300	0.33333	0.3321	6.554	13.7		13.1	0.1350	0.0730	0.0616	12.4	13.56545		10.4386	1.258	0.0632	
	3.50		1248					13.7	12.5		0.1090	0.0600		12.3		0.7695				
	3.55		1335					13.5			0.1104	0.0604		12						
9	4.00		1421					13.5			0.1102	0.0609		12						
	4.05	15'	1507	259	0.28777	0.2850	5.626	13.5		13	0.1106	0.0609	0.0495	12	13.56643		10.4392	1.256	0.0509	
	4.10		1547					13.2	12.5		0.0583	0.0325		12		0.7693				
	4.15		1598					13			0.0584	0.0326								
10	4.20		1647					13			0.0584	0.0329								
	4.25	15'	1692	145	0.16111	0.1605	3.168	13		12.7	0.0584	0.0328	0.0257		13.56643		10.4396	1.253	0.0265	
	4.30		1723					13	12.5		0.0260	0.0167		12		0.7693				
	4.55		1751								0.0260	0.0168								
11	4.40		1875								0.0255	0.0167								
	4.45	15'	1811	88	0.09777	0.09777	1.929			12.7	0.0255	0.0165	0.0090		13.56643		10.4366	1.256	0.0093	
	4.50		1844					13	11.5		0.0919	0.0495		11.5		0.7693				
	4.35		1900								0.0920	0.0518								
12	5.00		1953								0.0921	0.0505								
	5.05	15'	2008	164	0.18222	0.1816	3.585			12.2	0.0921	0.0505	0.0415		13.56765		10.4356	1.258	0.0426	

Expériences du 2 novembre 1863. — Diamètre, 0m,103. — Conduite en fonte. — Longueur de la conduite, 286 mètres.

Nos des expériences.	Heures des observations.	Durées des expériences.	Relevés du compteur en mètres cubes.	Volumes écoulés V en mètres cubes. Totaux.	Volumes écoulés V en mètres cubes. par 1".	Volumes du compteur en mètres cubes.	Vitesses moyennes U_0, en mètres cubes par 1".	Températures du fluide dans la conduite en degrés centigrades. à l'origine. T_0	Températures à la fin. T_1	Températures moyennes $\frac{T_0+T_1}{2}$	Hauteurs en eau et en mètres des manomètres. à l'origine.	Hauteurs à la fin.	Pertes de charges en hauteur d'eau et en mètre.	Observations barométriques en mètres et en degrés centigrades. Température du baromètre.	Coefficients de correction.	Hauteurs lues en mercure.	Hauteurs transformées en eau.	Poids du fluide qui s'écoule en k.log.	Pertes de charge, le fluide ramené à 0°. et à la pression 0m.76 en mètres.	Observations.
	h. m.		mc	mc	mc	mc	m	°	°	°	m	m	m	°	m	m	m	kg	m	
	3.30		9870.7					11.5	9		0.1186	0.0098		9.5		0.7414				Expériences faites avec de l'air.
	3.35		9878								0.1182	0.0080		»		»				
1	3.40		9886.8								0.1180	0.0080		»		»				
	3.45		9895.3								0.1176	0.0084		»		»				
	3.50	20'	9898.8	28.1	0.0234	0.02334	2.790			10.2	0.1180	0.0084	0.1096	»	13.57256	»	10.0627	1.221	0.1160	
	4.00	10'	9903.5					10.5	8		0.0420	0.0070		8.5		0.7412				
2	4.05		9907.0					10	8		0.0405	0.0059		8		»				
	4.10		9911.5	8	0.0133	0.01334	1.602	10	7.5	9	0.0405	0.0070	0.0344	8	13.57577	»	10.0623	1.222	0.0364	

Expériences du 3 novembre 1863. — Diamètre, 0m,103. — Conduite en fonte. — Longueur de la conduite, 268 mètres.

N°s des expériences.	HEURES des observations.	DURÉES des expériences.	RELEVÉS du compteur en mètres cubes.	VOLUMES écoulés V en mètres cubes. Totaux.	VOLUMES écoulés V en mètres cubes. par 1".	VOLUMES écoulés Vo en mètres cubes par 1".	VITESSES moyennes Uo en mètres cubes par 1".	TEMPÉRATURES du fluide dans la conduite en degrés centigrades. À l'origine. T_0	TEMPÉRATURES À la fin. T_1	TEMPÉRATURES moyennes $\frac{T_0+T_1}{2}$	HAUTEURS en eau et en mètres des manomètres. à l'origine.	HAUTEURS à la fin.	PERTES de charges en hauteur d'eau et en mètre.	OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES en mètres et en degrés centigrades. TEMPÉRATURES du baromètre.	COEFFICIENTS de corrections.	HAUTEURS lues en mercure.	HAUTEURS transformées en eau.	POIDS du fluide qui s'écoule en kilog.	PERTES de charge, le fluide ramené à 0°, et à la pression 0m.76 en mètres.	OBSERVATIONS.
	h. m.		mc	mc	mc	mc	m	°	°	°	m	m	m	°		m	m	kg	m	
	10.51		9932					11.5	10		0.1416	0.0090		9.5		0.7612				Expériences faites avec de l'air.
	10.55		9940					»	9.5		0.1413	0.0092		»		»				
3	11.00		9951.7					»	9.5		0.1412	0.0090		»		»				
	11.05	14'	9960	28	0.0333	0.0330	3.961	»	9.5	10.5	0.1410	0.0091	0.1322	»	13.57250	»	10.3314	1.253	0.1363	
	11.10		9968.7					11.5	9.5		0.1002	0.0070		9.4		0.7612				
	11.15		9976.4					»	»		0.0992	0.0071		»		»				
4	11.20		9984.5					»	»		0.0997	0.0080		»		»				
	11.25	15'	9993	24.3	0.027	0.02685	3.223	»	»	10.5	0.1005	0.0080	0.0024	»	13.57281	»	10.3316	1.251	0.0955	
	11.30		9999.9					11.5	9.5		0.0630	0.0065		9.5		0.7612				
	11.35		10005.6					»	9.5		0.0630	0.0064		»		»				
5	11.40		10011.0					»	9.8		0.0635	0.0064		»		»				
	11.45	15'	10016.8	16.9	0.01877	0.01877	2.248	»	10	10.6	0.0635	0.0080	0.0564	»	13.57256	»	10.3314	1.248	0.0589	
	11.50		10019.4					11.5	10		0.0295	0.0050		9.5		0.7612				
	11.55		10022.0					»	»		0.0300	0.0052		»		»				
6	12.00		10025.5					»	»		0.0310	0.0055		»		»				
	12.05	15'	10027.8	8.4	0.00933	0.00933	1.120	»	»	10.7	0.0295	0.0054	0.0247	»	13.57256	»	10.3314	1.246	0.0256	
	12.10		10033.6					11.5	10		0.0776	0.0064		9.5		0.7612				
	12.15		10040.2					»	»		0.0778	0.0064		»		»				
7	12.20		10047.0					»	»		0.0780	0.0070		»		»				
	12.25	15'	10053.9	20.3	0.02255	0.02245	2.695	»	»	10.7	0.0775	0.0080	0.0708	»	13.57256	»	10.3314	1.249	0.0733	

Expériences du 14 mars 1864. — Diamètre, 0m.081. — Conduite en fonte. — Longueur de la conduite, 113 mètres.

Nos des expériences.	HEURES des observations.	DURÉES des expériences.	RELEVÉS du compteur en mètres cubes.	VOLUMES écoulés V en mètres cubes. Totaux.	VOLUMES écoulés V en mètres cubes. par 1''.	VOLUMES écoulés Vo en mètres cubes par 1''.	VITESSES moyennes Uo en mètres par 1''.	TEMPÉRATURES du fluide dans la conduite en degrés centigrades. à l'origine, T_0	TEMPÉRATURES à la fin, T_1	TEMPÉRATURES moyennes $\frac{T_0+T_1}{2}$	HAUTEURS en eau et en mètres des manomètres. à l'origine.	HAUTEURS à la fin.	PERTES de charges en hauteur d'eau et en mètres.	OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES en mètres et en degrés centigrades. TEMPÉRATURE du baromètre.	COEFFICIENTS de correction.	HAUTEURS lues en mercure.	HAUTEURS transformées en eau.	POIDS du fluide qui s'écoule en kilog.	PERTES de charge, le fluide ramené à 0f. et à la pression 0m.76 en mètres.	OBSERVATIONS.
	h. m.		mc	mc	mc	mc	m	o	o	o	m	m	m	o		m	m	kg	m	
	2.05		2.400					11	12.5		0.0890	0.0663		13		0.7654				Expériences faites avec du gaz d'éclairage, d'une densité égale à 0.407 de celle de l'air à 0°, et sous la pression 0.75,
	2.10		8.700					10.7	»		0.0890	0.0665		»		»				
18	2.15		14 800					10.5	»		0.0891	0.0664		»		»				
	2.20	15'	20.800	18.400	0.020444	0.020331	3.945	10.5	»	11.6	0.0890	0.0664	0.0226	»	13.56398	»	10.3819	0.509	0.0233	
	2.25		3.600					11.5	13.2		0.0451	0.0428		13		0.7654				
	2.30		4.320					11.5	»		0.0452	0.0424		»		»				
19	2.35		5.240					11.7	»		0.0455	0.0424		»		»				
	2.40	15'	5.820	2.220	0.002466	0.002459	0.477	11.7	»	12.4	0.0454	0.0426	0.0028	»	13.56398	»	10.3819	0.506	0.0029	
	2.45		0.430					11	13		0.0615	0.0512		13.5		0.7653				
	2.50		4.800					11	»		0.0615	0.0508		»		»				
20	2.55		7.700					11	»		0.0615	0.0508		»		»				
	3.00	15'	11.300	10.870	0.012077	0.012027	2.334	11.7	»	12.1	0.0609	0.0508	0.0104	»	13.56278	»	10.3796	0.507	0.0105	
	3.05		1.600					11.3	13		0.0510	0.0456		13.5		0.7653				
	3.10		3.730					»	»		0.0508	0.0458		»		»				
21	3.15		5.880					»	»		0.0504	0.0450		»		»				
	3.20	15'	8.000	6.400	0.007111	0.007083	1.374	»	»	12.1	0.0508	0.0454	0.0053	»	13.56278	»	10.3796	0.507	0.0056	
	3.25		1.320					12	13.2		0.0461	0.0430		13		0.7650				
	3.30		2.260					12	»		0.0463	0.0431		»		»				
22	3.35		3.200					12	»		0.0456	0.0429		»		»				
	3.40	15'	4.160	2.840	0.003155	0.003146	0.610	11.7	»	12.5	0.0457	0.0430	0.0029	»	13.56398	»	10.3764	0.504	0.0030	

Expériences du 18 mars 1864. — Diamètre, 0m.081. — Conduite en fonte. — Longueur de la conduite, 113 mètres.

Nos des expériences.	Heures des observations.	Durées des expériences.	Relevés du compteur en mètres cubes.	Volumes écoulés V en mètres cubes. Totaux.	Volumes écoulés V en mètres cubes. par 1".	Volumes écoulés V_o en mètres cubes par 1".	Vitesses moyennes U_o en mètres par 1".	Températures du fluide dans la conduite en degrés centigrades. à l'origine T_0	Températures à la fin T	Températures moyennes $\frac{T_0+T_1}{2}$	Hauteurs en eau et en mètres des manomètres. à l'origine.	Hauteurs à la fin.	Pertes de charges en hauteur d'eau et en mètre.	Observations barométriques en mètres et en degrés centigrades. Température du baromètre.	Coefficients de correction.	Hauteurs lues en mercure.	Hauteurs transformées en eau.	Poids du fluide qui s'écoule en kilog.	Pertes de charge, le fluide ramené à 0f. et à la pression 0m.76 en mètres.	Observations.
	h. m.		mc	mc	mc	mc	m	o	o	o	m	m	m	o		m	m	kg	m	
	1.55		3.200					16	11		0.0480	0.0433		15.5		0.7526				Expériences faites avec du gaz d'éclairage, d'une densité égale à 0.407 de celle de l'air à 0°, et sous la pression 0.76.
	2.00		5.240					»	»		0.0480	0.0430		»		»				
23	2.05		7.300					»	»		0.0480	0.0431		»		»				
	2.10	15'	9.300	6.100	0.006777	0.006715	1.303	»	»	13.5	0.0475	0.0430	0.048	»	13.55785	»	10 2036	0.496	0.0050	
	2.15		1.400					14	11		0.0665	0.0528		14.8		0.7523				
	2.20		6.600					14	»		0.0661	0.0530		»		»				
24	2.25		10.100					13.5	»		0.0662	0.0526		»		»				
	2.30	15'	14.480	13.080	0.014530	0.014548	2.804	13.5	»	12.4	0.0660	0.0528	0.134	»	13.55957	»	10.2008	0.498	0.0141	
	2.35		1.480					14	11		0.0503	0.0444		14.8		0.7523				
	2.40		4.080					»	»		0.0500	0.0442		»		»				
25	2.45		6.600					»	»		0.0501	0.0444		»		»				
	2.50	15'	9.200	7.720	0.008577	0.008528	1.655	»	»	12.5	0.0501	0.0448	0.057	»	13.55957	»	10.2008	0.498	0.0060	
	3.00		3.120					17	11.5		0.0440	0.0406		14.8		0.7523				
	3.05		4.520					»	»		0.0439	0.0408		»		»				
26	3.10		5.700					»	»		0.0438	0.0408		»		»				
	3.15	15'	6.880	3.760	0.004177	0.004136	0.802	»	»	14.2	0.0434	0.0408	0.030	»	13.55957	»	10.2008	0.494	0.0032	
	3.20		0.640					14	11.5		0.0470	0.0424		14.5		0.7522				
	3.25		2.620					14	»		0.0470	0.0422		»		»				
27	3.30		4.660					13	»		0.0474	0.0423		»		»				
	3.35	15'	6.660	6.020	0.006688	0.006647	1.290	13	»	12.5	0.0469	0.0425	0.048	»	13.56030	»	10.2000	0.498	0.0050	

Expériences du 23 mars 1864. — Diamètre, 0m,050. — Conduite en fonte. — Longueur de la conduite, 113 mètres.

Nos des expériences.	Heures des observations.	Durées des expériences.	Relevés du compteur en mètres cubes.	VOLUMES écoulés V en mètres cubes. Totaux.	VOLUMES écoulés V en mètres cubes. par 1".	Volumes écoulés V_0 en mètres cubes par 1".	Vitesses moyennes U_0 en mètres par 1".	TEMPÉRATURES du fluide dans la conduite en degrés centigrades. à l'origine T_0	TEMPÉRATURES à la fin T_1	TEMPÉRATURES moyennes $\frac{T_0+T_1}{2}$	HAUTEURS en eau et en mètres des manomètres. à l'origine.	HAUTEURS à la fin.	Pertes de charges en hauteur d'eau et en mètres.	OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES en mètres et en degrés centigrades. Température du baromètre.	Coefficients de correction.	Hauteurs lues en mercure.	Hauteurs transformées en eau.	Poids du fluide qui s'écoule en kilog.	Pertes de charge, le fluide ramené à 0°, et à la pression 0m.76 en mètres.	OBSERVATIONS.
	h m.		mc	mc	mc	mc	m	°	°	°	m	m	m	m		m	m	kg	m	
	2.20		1.840					15.5	13.5		0.1040	0.0445		15		0.7523				Expériences faites avec du gaz d'éclairage ayant une densité égale à 0.407 de celle de l'air à 0°, et sous la pression 0.76.
	2.25		4.240					15.5	13.5		0.1035	0.0446								
28	2.30		6.640					15	13.2		8.1041	0.0446								
	2.35	15'	9.040	7.240	0.008044	0.008031	4.100	15	13.2	14.2	0.1037	0.0446	0.0592		13.55908		10.2000	0.496	0.0628	
	2.40		2.800					14.5	13.2		0.0656	0.0410		15		0.7523				
	2.45		4.240					14.7			0.0645	0.0409								
29	2.50		5.660					14.7			0.0645	0.0410								
	2.55	15'	7.100	4.300	0.004777	0.004784	2.437	14.7		13.5	0.0650	0.0404	0.0244		13.55908		10.2003	6.497	0.0256	
	3.00		1.600					14	13		0.1150	0.0458		15		0.7523				
	3.05		4.260					14			0.1142	0.0458								
30	3.10		6.880					13.5			0.1149	0.0458								
	3.15	15'	9.560	7.960	0.008844	0.008806	4.485	13.5		13.3	0.1152	0.0452	0.0692		13.55908		10.2005	0.496	0.0730	
	3.20		3.760					13.5	13		0.0780	0.0416		14.8		0.7523				
	3.25		5.540								0.0785	0.0417								
31	3.30		7.320								0.0789	0.0417								
	3.35	15'	9.100	5.340	0.005933	0.005924	3.017			13.2	0.0784	0.0424	0.0339		13.55957		10.2008	0.496	0.0358	
	3.40		3.060					13.5	13		0.0880	0.0436		14.5		0.7523				
	3.45		5.140								0.0878	0.0432								
32	3.50		7.200								0.0876	0.0432								
	3.55	15'	9.300	6.240	0.006933	0.006915	3.522			13.2	0.0870	0.0428	0.0444		13.56030		10.2014	0.496	0.0469	

Expériences du 10 mai 1864. — Diamètre; 0m.050. — Conduite en fer-blanc. — Longueur de la conduite, 50 mètres.

Nos des expériences.	HEURES des observations.	DURÉES des expériences.	RELEVÉS du compteur en mètres cubes.	VOLUMES écoulés V en mètres cubes. Totaux.	VOLUMES écoulés V en mètres cubes. par 1''.	VOLUMES écoulés V_0 en mètres cubes par 1''.	VITESSES moyennes U_0 en mètres par 1''.	TEMPÉRATURES du fluide dans la conduite en degrés centigrades. à l'origine T_0	TEMPÉRATURES à la fin T_1	TEMPÉRATURES moyennes $\frac{T_0+T_1}{2}$	HAUTEURS en eau et en mètres des manomètres. à l'origine.	HAUTEURS à la fin.	PERTES de charges en hauteur d'eau et en mètres.	OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES en mètres et en degrés centigrades. TEMPÉRATURE du baromètre.	COEFFICIENTS de correction.	HAUTEURS lues en mercure.	HAUTEURS transformées en eau.	POIDS du fluide qui s'écoule en kilog.	PERTES de charge, le fluide ramené à 0°, et à la pression 0m.76 en mètres.	OBSERVATIONS.
	h. m.		mc	mc	mc	mc	m	°	°	°	m	m	m	°		m	m	kg	m	
	1.10		2.440					13.5	13	13.2	0.0765	0.0506		1[illegible].5		0.7564				Expériences faites sur une conduite en fer-blanc avec du gaz d'éclairage, d'une densité égale à 0.407 de celle de l'air à 0°, et sous la pression 0.76.
	1.15		5.520					»	»	»	0.0766	0.0505		»						
33	1.20		8.560					»	»	»	0.0767	0.0506		»						
	1.25	15'	11.600	9.160	0.010177	0.010141	5.165	»	»	»	0.0768	0.0507	0.0261	»	13.56765		10.2625	0.500	0.0274	
	1.30		2.280					»	»	»	0.0642	0.0470		12°		0.7564				
	1.35		5.540					»	»	»	0.0644	0.0471		»						
34	1.40		7.040					»	»	»	0.0650	0.0471		»						
	1.45	15'	9.520	7.240	0.008044	0.008021	4.085	»	»	»	0.0652	0.0470	0.017[illegible]	»	13.56[illegible]43		10.2616	0.499	0.0185	
	1.50		3.720					»	»	»	0.0522	0.0428		11.8		0.7563				
	1.55		5.000					»	»	»	0.0522	0.0428		»						
35	2.00		6.480					»	»	»	0.0522	0.0426		»						
	2.05	15'	8.000	4.280	0.004755	0.004746	2.447	»	»	»	0.0514	0.0422	0.009[illegible]	»	13.56[illegible]92		10.2606	0.499	0.[illegible]	
	2.12		1.740					»	»	»	0.0459	0.0410		1[illegible].5		0.7563				
	2.18		2.540					»	»	»	0.0464	0.0410		»						
36	2.22		3.240					»	»	»	0.0463	0.0410		»						
	2.27	15'	4.100	2.360	0.002622	0.002618	1.333	»	»	»	0.0465	0.0411	0.005[illegible]	»	13.56765		10.2612	0.499	0.0055	

ÉCOULEMENT DES GAZ

TABLEAUX DES PERTES DE CHARGE

DANS DES CONDUITES EN FONTE

à la température de 0° pour 1000 mètres de longueur, et sous la pression de 0^m.76 de hauteur de mercure, ou 10^m.334 de hauteur d'eau.

Ces tables ont été calculées au moyen de la formule :

$$H = \frac{4L}{D} \times \frac{1.293 \times \delta}{1000} (au + bu^2)$$

donnant dans les limites relatives à la distribution du gaz, des résultats qui diffèrent très-peu de ceux que fournirait la formule rigoureuse :

$$\frac{U_0^2}{2g}\left(\frac{8bgL}{D} + 4.6052 \log \frac{P^0}{P^1}\right) = \frac{10.334(1+\alpha t)}{2 \times 1.293 \times \delta}\left[1 - \left(\frac{P^1}{P_0}\right)^2\right] - \frac{4L}{D} auo \frac{P_0 + P_1}{2P_0}.$$

NOTA : Pour du gaz à la température moyenne du sol (12°), il faudrait multiplier les chiffres des pertes de charge par 0.96.

Diamètre = 0m.050. *Section* = 0mq.001963. *Coefficient* a = 0.000702. *Coefficient* b = 0.000593.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.0005	1.800	0.0176	0.254	0.0223	0.0091	0.0080	28.800	0.2825	4.074	1.3137	0.5386
0.0010	3.600	0.0353	0.509	0.0528	0.0216	0.0085	30.600	0.3002	4.329	1.4637	0.6001
0.0015	5.400	0.0529	0.764	0.0912	0.0374	0.0090	32.400	0.3178	4.584	1.6217	0.6649
0.0020	7.200	0.0706	1.018	0.1374	0.0563	0.0095	34 200	0.3355	4.838	1.7865	0.7324
0.0025	9.000	0.0883	1.273	0.1917	0.0786	0.0100	36.000	0.3532	5.093	1.9607	0 8038
0.0030	10.800	0.1059	1.528	0.2541	0.1041	0.0105	37 800	0.3708	5.347	2.1418	0.8781
0.0035	12.600	0.1236	1.782	0.3240	0.1328	0.0110	39.600	0.3885	5.602	2.3317	0.9560
0.0040	14.400	0.1412	2.037	0.4023	0.1649	0.0115	41.400	0.4061	5.857	2.5291	1.0369
0.0045	16.200	0.1589	2.292	0.4882	0.2001	0.0120	43.200	0.4238	6.111	2.7343	1.1210
0.0050	18.000	0.1766	2.546	0.5823	0.2387	0.0125	45.000	0.4414	6.366	2.9480	1.2086
0.0055	19.800	0.1942	2.801	0.6845	0.2806	0.0130	46.800	0.4591	6.620	3.1687	1.2992
0.0060	21.600	0.2119	3.055	0.7943	0.3257	0.0135	48.600	0.4768	6.876	3.3993	1.3937
0.0065	23.400	0.2295	3.310	0.9123	0.3740	0.0140	50.400	0.4944	7.130	3.6359	1.4907
0.0070	25.200	0.2472	3.565	1.0383	0.4257	0.0145	52.200	0.5121	7.384	3.8804	1.5909
0.0075	27.000	0.2648	3.819	1.1717	0.4801	0.0150	54.000	0.5297	7.639	4.1340	1.6949

Diamètre = 0m.034. *Section* = 0mq.0002290. *Coefficient* a = 0.000682. *Coefficient* b = 0 000575.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.0005	1.800	0.0176	0.218	0.0167	0.0068	0.0080	28.800	0.2825	3.493	0.8980	0.3681
0.0010	3.600	0.0353	0.436	0.0387	0.0158	0.0085	30.600	0.3002	3.712	0.9991	0.4096
0.0015	5.400	0.0529	0.655	0.0661	0.0271	0.0090	32.400	0.3178	3.930	1.1016	0.4528
0.0020	7.200	0.0706	0.873	0.0986	0.0404	0.0095	34.200	0.3355	4.148	1.2156	0.4983
0.0025	9.000	0.0883	1.091	0.1363	0.0559	0.0100	36.000	0.3532	4.366	1.3321	0.5461
0.0030	10.800	0.1059	1.310	0.1795	0.0735	0.0105	37.800	0.3708	4.585	1.4541	0.5961
0.0035	12.600	0.1236	1.528	0.2272	0.0931	0.0110	39.600	0.3885	4.803	1.5810	0.6482
0.0040	14.400	0.1412	1.746	0.2811	0.1152	0.0115	41.400	0.4061	5.022	1.7135	0.7025
0.0045	16.200	0.1589	1.965	0.3100	0.1394	0.0120	43.200	0.4238	5.240	1.8507	0.7587
0.0050	18.000	0.1766	2.183	0.4039	0.1656	0.0125	45.000	0.4414	5.485	1.9931	0.8171
0.0055	19.800	0.1942	2.402	0.4734	0.1943	0.0130	46.800	0.4591	5.677	2.1415	0.8780
0.0060	21.600	0.2119	2.620	0.5478	0.2246	0.0135	48.600	0.4768	5.895	2.2944	0.9407
0.0065	23.400	0.2295	2.838	0.6274	0.2572	0.0140	50.400	0.4944	6.113	2.4526	1.0055
0.0070	25.200	0.2472	3.056	0.7122	0.2920	0.0145	52.200	0.5121	6.332	2.6165	1.0727
0.0075	27.000	0.2648	3.275	0.8027	0.3291	0.0150	54.000	0.5297	6.550	2.7852	1.1419

Diamètre = 0m.081. *Section* = 0mq.005153. *Coefficient* a = 0.000589. *Coefficient* b = 0 000489.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE par 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.001	3.6	0.035	0 194	0.0083	0.0034	0.021	75.6	0.742	4.075	0.6711	0.2751
0.002	7.2	0.070	0 388	0.0192	0.0078	0.022	79.2	0.777	4.269	0.7290	0.2989
0.003	10 8	0.105	0.582	0.0324	0 0133	0.023	82.8	0.812	4.463	0.7891	0.3235
0.004	14.4	0.141	0.776	0.0479	0.0196	0 024	86.4	0.848	4.657	0.8517	0.3492
0.005	18.0	0.176	0.970	0.0658	0.0269	0.025	90.0	0.883	4.851	0.9165	0.3757
0.006	21.6	0.212	1.164	0.0860	0.0352	0 026	93.6	0.918	5.015	0 9837	0 4033
0.007	25.2	0.247	1.358	0.1085	0.0445	0.027	97.2	0.953	5.239	1.0533	0.4318
0.008	28.8	0.282	1.552	0.1336	0 0547	0.028	100.8	0.989	5.434	1.1256	0.4615
0.009	32.4	0.318	1.746	0.1607	0.0658	0.029	104.4	1.024	5.627	1.1994	0.4917
0.010	36.0	0 353	1 940	0.1903	0.0780	0.030	108.0	1 059	5.822	1.2761	0.5232
0 011	39.6	0 388	2.134	0.2223	0.0911	0.031	111.6	1.095	6 016	1.3554	0.5557
0.012	43.2	0.424	2.328	0.2566	0.1052	0.032	115.2	1.130	6.210	1.4366	0.5890
0.013	46.8	0.459	2.522	0.2932	0.1202	0.033	118.8	1.165	6.404	1.5203	0.6233
0 014	50.4	0.494	2 716	0 3322	0.1362	0.034	122.4	1.201	6.598	1.5963	0 6545
0 015	54.0	0.530	2 910	0.3736	0.1532	0 035	126.0	1.236	6.792	1.6946	0.6948
0.016	57.6	0.565	3.105	0.4187	0.1717	0.036	129.6	1.271	6 986	1.7853	0.7319
0.017	61.2	0.600	3 299	0.4636	0.1900	0.037	133.2	1.307	7.180	1.8784	0.7701
0.018	64.8	0 636	3.493	0.5120	0.2099	0.038	136.8	1.342	7.374	1.9737	0.8092
0.019	68.4	0.671	3.687	0.5627	0.2307	0.039	140.4	1.377	7.568	2.0715	0.8493
0.020	72.0	0.706	3.881	0.6158	0.2524	0.040	144.0	1.413	7.762	2.1716	0.8904

Diamètre = 0m.100. *Section* 0mq.007853. *Coefficient* a = 0.000550. *Coefficient* b = 0.000475.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1900m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.001	3.6	0.035	0.127	0.0040	0.0016	0.028	100.8	1.989	3.564	0.4137	0.1696
0.002	7.2	0.071	0.254	0.0088	0.0036	0.029	104.4	1.024	3.692	0.4391	0.1800
0.003	10.8	0.106	0.382	0.0143	0.0058	0.030	108.0	1.059	3.819	0.4661	0.1911
0.004	14.4	0.141	0.509	0.0208	0.0085	0.031	111.6	1.095	3 947	0.4941	0.2025
0.005	18.0	0.176	0.636	0.0280	0.0115	0.032	115.2	1.130	4.072	0.5225	0.2142
0.006	21.6	0.212	0.763	0.0360	0.0147	0.033	118.8	1.165	4.200	0.5518	0.2262
0.007	25.2	0.247	0.891	0.0447	0.0183	0.034	122.4	1.201	4.328	0.5822	0.2387
0.008	28.8	0.282	1,018	0.0544	0.0223	0.035	126.0	1.236	4.456	0.6134	0.2515
0.009	32.4	0.318	1.145	0.0647	0.0265	0.036	129.6	1.271	4.580	0.6444	0.2642
0.010	36.0	0.353	1.273	0.0759	0.0311	0.037	133.2	1 307	4.711	0.6779	0.2779
0.011	39.6	0.388	1.400	0.0879	0.0360	0.038	136.8	1.342	4.838	0.7113	0.2916
0.012	43.2	0.424	1.528	0.1005	0.0412	0.039	140.4	1.377	4.965	0.7454	0.3056
0.013	46.8	0.459	1.655	0.1142	0.0468	0.040	144.0	1.413	5.092	0.7803	0.3199
0.014	50.4	0.494	1.782	0.1285	0.0527	0.041	147.6	1.448	5.220	0.8163	0.3346
0.015	54.0	0.530	1.909	0.1436	0.0588	0.042	151.2	1.483	5.348	0.8531	0.3497
0.016	57.6	0.565	2.036	0.1595	0.0654	0.043	154.8	1.519	5.475	0.8903	0.3650
0.017	61.2	0.600	2.164	0.1764	0.0723	0.044	158.4	1.554	5.600	0.9279	0.3804
0.018	64.8	0.636	2.290	0.1937	0.0794	0.045	162.0	1.589	5.729	0.9659	0.3960
0.019	68.4	0.671	2.419	0.2123	0.0870	0.046	165.6	1.625	5.856	1.0043	0.4117
0.020	72.0	0.706	2.546	0.2313	0.0948	0.047	169.2	1.660	5.984	1.0178	0.4296
0.021	75.6	0.742	2.674	0.2513	0.1030	0.048	172.8	1.695	6.112	1.0893	0.4466
0.022	79.2	0.777	2.800	0.2718	0.1114	0.049	176.4	1.730	6.239	1.1314	0.4638
0.023	82.8	0.812	2.928	0.2917	0.1196	0.050	180.0	1.766	6.365	1.1738	0.4812
0.024	86.4	0.848	3.056	0.3158	0.1294	0.055	198.0	1.942	7.008	1.4009	0.5743
0.025	90.0	0.883	3.182	0.3387	0.1388	0.060	216.0	2.119	7.680	1.6438	0.6739
0.026	93.6	0.918	3.310	0.3627	0.1487	0.065	234.0	2.296	8.277	1.9141	0.7847
0.027	97.2	0.953	3.435	0.3869	0.1586	0.070	252.0	2.472	8.910	2.1989	0.9015

Diamètre = $0^{m}.108$. *Section* = $0^{mq}.009160$. *Coefficient* a = 0.000530. *Coefficient* b = 0.000460.

VOLUMES écoulés en mètres cubes. par 1''	VOLUMES écoulés en mètres cubes. par heure.	VOLUMES en pieds cubes anglais par 1''	VITESSES moyennes en mètres par 1''	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. AIR.	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. GAZ.
1	2	3	4	5	6
0.001	3.6	0.035	0.109	0.0030	0.0012
0.002	7.2	0.071	0.218	0.0065	0.0026
0.003	10.8	0.106	0.327	0.0104	0.0042
0.004	14.4	0.141	0.436	0.0150	0.0061
0.005	18.0	0 176	0.545	0.0201	0.0082
0.006	21.6	0.212	0.655	0.0257	0.0105
0.007	25.2	0.247	0.764	0.0319	0.0130
0.008	28.8	0.282	0.873	0.0385	0.0157
0.009	32.4	0.318	0.982	0.0457	0.0187
0.010	36.0	0.353	1.091	0.0535	0.0219
0.011	39.6	0.388	1.200	0.0617	0 0253
0.012	43.2	0.424	1.309	0.0707	0.0289
0.013	46.8	0.459	1.419	0.0797	0.0326
0.014	50.4	0.494	1.528	0.0895	0.0366
0.015	54.0	0.530	1.637	0.0998	0.0409
0.016	57.6	0.565	1.746	0.1110	0.0455
0.017	61.2	0.600	1.855	0.1227	0.0503
0 018	64.8	0.636	1.964	0.1343	0.0550
0.019	68.4	0.671	2.074	0 1464	0.0600
0.020	72.0	0.706	2.183	0.1593	0.0653
0.021	75.6	0.742	2.292	0.1728	0.0708
0.022	79.2	0.777	2.400	0.1867	0.0765
0.023	82.8	0.812	2.510	0.2013	0.0825
0.024	86.4	0.848	2.619	0.2168	0.0888
0.025	90.0	0.883	2.729	0.2330	0.0955
0.026	93.6	0.918	2.838	0.2481	0.1018
0.027	97.2	0.953	2.947	0.2647	0.1085

VOLUMES écoulés en mètres cubes. par 1''	VOLUMES écoulés en mètres cubes. par heure.	VOLUMES en pieds cubes anglais par 1''	VITESSES moyennes en mètres par 1''	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau AIR.	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau GAZ.
1	2	3	4	5	6
0.028	100.8	0.989	3.056	0.2817	0.1154
0 029	104.4	1.024	3.165	0.2995	0.1227
0.030	108 0	1.059	3.274	0.3176	0.1302
0.031	111.6	1.095	3.383	0.3362	0.1378
0.032	115.2	1.130	3.492	0.3555	0.1457
0.033	118.8	1.165	3.600	0.3752	0.1538
0.034	122.4	1.201	3.710	0.3955	0.1621
0.035	126.0	1.236	3.820	0.4162	0.1706
0.036	129.6	1.271	3.928	0.4376	0.1794
0.037	133.2	1.307	4.039	0.4596	0.1884
0.038	136.8	1.342	4.148	0.4822	0.1977
0 039	140.4	1.377	4.257	0.5051	0 2071
0.040	144.0	1.413	4.366	0.5284	0.2166
0 041	147.6	1.448	4.475	0.5523	0.2264
0.042	151.2	1.483	4.584	0.5768	9.2365
0.043	154.8	1.510	4.694	0.6025	0.2470
0.044	158.4	1.554	4.800	0.6288	0.2578
0.045	162.0	1 589	4.910	0.6542	0.2682
0.046	165.6	1.625	5.021	0.6801	0.2788
0.047	169.2	1.660	5.130	0.7070	0.2898
0.048	172.8	1.695	5 238	0.7345	0.3011
0.049	176.4	1.730	5.348	0.7630	0.3128
0.050	180.0	1.766	5.458	0.7919	0.3240
0.055	198.0	1.942	6.004	0.9431	0.3860
0.060	216.0	2.119	6.550	1.1075	0.4510
0.065	234.0	2.296	7.096	1.2851	0.5269
0.070	252.0	2.472	7.640	1.4751	0.6047

***Diamètre* = 0m.135. *Section* = 0mq.014313. *Coefficient* a = 0.000470. *Coefficient b* = 0.000442.**

VOLUMES écoulés en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1''	par heure.	par 1''	par 1''	AIR.	GAZ.	par 1''	par heure.	par 1''	par 1''	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.001	3.6	0.035	0.069	0.0013	0.0005	0.036	129.6	1.271	2.515	0.5121	0.0623
0.002	7.2	0.071	0.139	0.0028	0.0011	0.038	136.8	1.342	2.655	0.1670	0.0684
0.003	10.8	0.106	0.209	0.0045	0.0018	0.040	144.0	1.413	2.794	0.1823	0.0747
0.004	14.4	0.141	0.279	0.0063	0.0026	0.042	151.2	1.483	2.934	0.1981	0.0812
0.005	18.0	0.176	0.349	0.0083	0.0034	0.044	158.4	1.554	3.074	0.2152	0.0882
0.006	21.6	0.212	0.419	0.0104	0.0042	0.046	165.6	1.625	3.214	0.28[illegible]3	0.0952
0.007	25.2	0.247	0.489	0.0127	0.0052	0.048	172.8	1.695	3.353	0.2503	0.1026
0.008	28.8	0.282	0.559	0.0152	0.0062	0.050	180.0	1.766	3.493	0.2690	0.1103
0.009	32.4	0.318	0.628	0.0179	0.0073	0.052	187.2	1.836	3.633	0.2883	0.1182
0.010	36.0	0.353	0.698	0.0208	0.0085	0.054	194.4	1.907	3.772	0.3083	0.1264
0.011	39.6	0.388	0.768	0.0237	0.0097	0.056	201.6	1.978	3.912	0.3290	0.1349
0.012	43.2	0.424	0.838	0.0269	0.0110	0.058	208.8	2.048	4.052	0.3501	0.1436
0.013	46.8	0.459	0.908	0.0302	0.0123	0.060	216.0	2.119	4.192	0.3724	0.1526
0.014	50.4	0.495	0.978	0.0337	0.0138	0.062	223.2	2.190	4.331	0.3948	0.1618
0.015	54.0	0.530	1.048	0.0374	0.0153	0.064	230.4	2.260	4.471	0.4182	0.1714
0.016	57.6	0.565	1.118	0.0412	0.0169	0.066	237.6	2.331	4.611	0.4423	0.1813
0.017	61.2	0.600	1.187	0.0451	0.0185	0.068	244.8	2.402	4.751	0.4670	0.1914
0.018	64.8	0.636	1.257	0.0493	0.0202	0.070	252.0	2.472	4.890	0.4923	0.2018
0.019	68.4	0.671	1.327	0.0535	0.0219	0.072	259.2	2.543	5.030	0.5180	0.2123
0.020	72.0	0.706	1.397	0.0581	0.0238	0.074	266.4	2.613	5.170	0.5418	0.2233
0.022	79.2	0.777	1.537	0.0675	0.0276	0.076	273.6	2.684	5.309	0.5723	0.2346
0.024	86.4	0.848	1.676	0.0774	0.0317	0.078	280.8	2.755	5.449	0.6002	0.2460
0.026	93.6	0.918	1.816	0.0883	0.0362	0.080	288.0	2.825	5.589	0.6295	0.2581
0.028	100.8	0.989	1.956	0.0998	0.0409	0.090	324.0	3.179	6.287	0.7810	0.3202
0.030	108.0	1.059	2.096	0.1118	0.0458	0.100	360.0	3.532	6.986	0.9[illegible]05	0.3897
0.032	115.2	1.130	2.236	0.1247	0.0511	0.110	396.0	3.885	7.685	1.1364	0.4659
0.034	122.4	1.201	2.375	0.1378	0.0565	0.120	432.0	4.238	8.384	1.3388	0.5480

Diamètre = 0m.150. *Section* = 0mq.017671. *Coefficient* a = 0.000440. *Coefficient* b = 0.000430.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de largeur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.001	3.5	0.035	0.056	0.0009	0.0004	0.036	129.6	1.271	2.037	0.0927	0.0380
0.002	7.2	0.071	0.113	0.0019	0.0008	0.038	136.8	1.342	2.150	0.1013	0.0415
0.003	10.8	0.106	0.169	0.0029	0.0012	0.040	144.0	1.413	2.263	0.1107	0.0453
0.004	14.4	0.141	0.226	0.0040	0.0016	0.042	152.0	1.483	2.376	0.1203	0.0493
0.005	18.0	0.176	0.282	0.0054	0.0022	0.044	158.4	1.554	2.490	0.1303	0.0534
0.006	21.6	0.212	0.339	0.0068	0.0028	0.046	165.6	1.625	2.603	0.1406	0.0576
0.007	25.2	0.247	0.396	0.0083	0.0034	0.048	172.8	1.695	2.716	0.1513	0.0620
0.008	28.8	0.282	0.452	0.0098	0.0040	0.050	180	1.766	2.829	0.1624	0.0665
0.009	32.4	0.318	0.509	0.0114	0.0046	0.055	198	1.942	3.112	0.1919	0.0787
0.010	36.0	0.353	0.565	0.0132	0.0054	0.060	216	2.119	3.395	0.2238	0.0917
0.011	39.6	0.388	0.622	0.0151	0.0062	0.065	234	2.296	3.678	0.2580	0.1057
0.012	43.2	0.424	0.679	0.0171	0.0070	0.070	252	2.472	3.961	0.2947	0.1208
0.013	46.8	0.459	0.735	0.0191	0.0078	0.075	270	2.649	4.244	0.3338	0.1368
0.014	50.4	0.494	0.792	0.0212	0.0086	0.080	288	2.825	4.527	0.3754	0.1539
0.015	54.0	0.530	0.848	0.0234	0.0096	0.085	306	3.002	4.810	0.4191	0.1718
0.016	57.6	0.565	0.905	0.0258	0.0106	0.090	324	3.179	5.093	0.4656	0.1909
0.017	61.2	0.600	0.962	0.0283	0.0116	0.095	342	3.355	5.376	0.5141	0.2107
0.018	64.8	0.636	1.018	0.0307	0.0125	0.100	360	3.532	5.659	0.5651	0.2317
0.019	68.4	0.671	1.075	0.0334	0.0137	0.105	378	3.708	5.941	0.6181	0.2534
0.020	72.0	0.706	1.132	0.0361	0.0148	0.110	396	3.885	6.224	0.6744	0.2765
0.022	79.2	0.777	1.245	0.0418	0.0171	0.115	414	4.061	6.507	0.7327	0.3004
0.024	86.4	0.848	1.358	0.0484	0.0198	0.120	432	4.238	6.790	0.7934	0.3253
0.026	93.6	0.918	1.471	0.0544	0.0223	0.125	450	4.415	7.073	0.8564	0.3511
0.028	100.8	0.989	1.584	0.0613	0.0251	0.130	468	4.591	7.356	0.9219	0.3780
0.030	108.0	1.059	1.692	0.0682	0.0280	0.140	504	4.944	7.922	1.0602	0.4348
0.032	115.2	1.130	1.811	0.0763	0.0312	0.150	540	5.298	8.488	1.2080	0.4952
0.034	122.4	1.201	1.924	0.0841	0.0344	0.160	576	5.651	9.054	1.3654	0.5598

Diamètre = 0m.162. *Section* = 0mq.020612. *Coefficient* a = 0.000410. *Coefficient* b = 0.000420.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1''	par heure.	par 1''	par 1''	AIR.	GAZ.	par 1''	par heure.	par 1''	par 1''	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.001	3.6	0.035	0.048	0.0006	0.0002	0.036	129.6	1.271	1.746	0.0635	0.0260
0.002	7.2	0.071	0.097	0.0013	0.0005	0.038	136.8	1.342	1.843	0.0694	0.0284
0.003	10.8	0.106	.145	0.0021	0.0008	0.040	144.0	1.413	1.940	0.0756	0.0310
0.004	14.4	0.141	0.194	0.0030	0.0012	0.042	151.2	1.483	2.037	0.0821	0.0336
0.005	18.0	0.176	0.242	0.0038	0.0015	0.044	158.4	1.554	2.134	0.0887	0.0363
0.006	21.6	0.212	0.291	0.0049	0.0020	0.046	165.6	1.625	2.231	0.0957	0.0392
0.007	25.2	0.247	0.339	0.0059	0.0024	0.048	172.8.	1.695	2.328	0.1028	0.0421
0.008	28.8	0.282	0.388	0.0070	0.0028	0.050	180	1.766	2.425	0.1103	0.0452
0.009	32.4	0.318	0.436	0.0082	0.0033	0.055	198	1.942	2.668	0.1300	0.0533
0.010	36.0	0.353	0.485	0.0094	0.0038	0.060	216	2.119	2.910	0.1513	0.0620
0.011	39.6	0.388	0.533	0.0107	0.0044	0.065	234	2.295	3.153	0.1741	0.0714
0.012	43.2	0.424	0.582	0.0121	0.0049	0 070	252	2.472	3.396	0.1987	0.0814
0.013	46.8	0.459	0.630	0.0135	0.0055	0.075	270	2.649	3.638	0.2249	0.0922
0.014	50.4	0.494	0.679	0.0150	0.0061	0.080	288	2.825	3.881	0.2531	0.1037
0.015	54.0	0.530	0.727	0.0165	0.0067	0.085	306	3.002	4.123	0.2814	0.1153
0.016	57.6	0.565	0.776	0.0181	0.0074	0.090	324	3.179	4.366	0.3129	0.1283
0.017	61.2	0.600	0.824	0.0197	0.0081	0.095	342	3.355	4.609	0.3445	0.1412
0.018	64.8	0.636	0.873	0.0215	0.0088	0.100	360	3.532	4.851	0.3791	0.1554
0.019	68.4	0.671	0.922	0.0233	0.0095	0.105	378	3.708	5.094	0.4139	0.1697
0.020	72.0	0.706	0.970	0.0252	0.0103	0.110	396	3.885	5.336	0.4517	0.1852
0.022	79.2	0.777	1.067	0.0292	0.0120	0.115	414	4.061	5.579	0.4895	0.2007
0.024	86.4	0.848	1.164	0.0332	0.0136	0.120	432	4.238	5.821	0.5305	0.2175
0.026	93.6	0.918	1.261	0.0377	0.0154	0.125	450	4.415	6.064	0.5715	0.2343
0.028	100.8	0.989	1 358	0.0423	0 0173	0.150	540	5.298	7.276	0.8039	0.3286
0.030	108.0	1.059	1.455	0.0473	0.0194	0 175	630	6.181	8.511	1.0812	0.4433
0.032	115.2	1.130	1.552	0.0524	0.0215	0.200	720	7.064	9.702	1.3874	0.5688
0.034	122.4	1.201	1.649	0.0579	0.0237	0.225	810	7.946	10.915	1.7383	0.7127

Diamètre = 0m.189. *Section* = 0mq.028055. *Coefficient* a = 0.000355. *Coefficient* b = 0.000405.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.001	3.6	0.035	0.035	0.0003	0.0001	0.100	360	3.532	3.464	0.1742	0.0714
0.002	7.2	0.071	0.071	0.0007	0.0003	0.105	378	3.708	3.742	0.1903	0.0780
0.003	10.8	0.106	0.107	0.0011	0.0005	0.110	396	3.885	3.921	0.2071	0.0849
0.004	14.4	0.141	0.142	0.0015	0.0006	0.115	414	4.061	4.099	0.2248	0.0921
0.005	18.0	0.176	0.172	0.0020	0.0008	0.120	432	4.238	4.277	0.2427	0.0995
0.006	21.6	0.212	0.214	0.0025	0.0010	0.125	450	4.415	4.455	0.2615	0.1072
0.007	25.2	0.247	0.249	0.0031	0.0013	0.130	468	4.591	4.623	0.2810	0.1152
0.008	28.8	0.282	0.285	0.0036	0.0015	0.135	486	4.768	4.812	0.3016	0.1236
0.009	32.4	0.318	0.321	0.0042	0.0017	0.140	504	4.944	4.990	0.3223	0.1321
0.010	36	0.353	0.356	0.0048	0.0019	0.145	522	5.121	5.168	0.3442	0.1411
0.015	54	0.530	0.534	0.0083	0.0034	0.150	540	5.298	5.346	0.3662	0.1501
0.020	72	0.706	0.713	0.0127	0.0052	0.155	558	5.474	5.525	0.3894	0.1596
0.025	90	0.883	0.891	0.0173	0.0071	0.160	576	4.651	5.703	0.4130	0.1693
0.030	108	1.059	1.069	0.0231	0.0095	0.165	594	5.827	5.881	0.4376	0.1794
0.035	126	1.236	1.247	0.0291	0.0119	0.170	612	6.004	6.059	0.4626	0.1896
0.040	144	1.413	1.425	0.0364	0.0149	0.175	630	6.181	6.237	0.4886	0.2003
0.045	162	1.589	1.604	0.0438	0.0179	0.180	648	6.357	6.416	0.5150	0.2111
0.050	180	1.766	1.782	0.0524	0.0215	0.185	666	6.534	6.594	0.5423	0.2228
0.055	198	1.942	1.920	0.0612	0.0251	0.190	684	6.710	6.772	0.5701	0.2337
0.060	216	2.119	2.138	0.0713	0.0292	0.195	702	6.887	6.950	0.5987	0.2454
0.065	234	2.296	2.318	0.0815	0.0334	0.200	720	7.064	7.129	0.6282	0.2575
0.070	252	2.472	2.495	0.0929	0.0381	0.210	756	7.417	7.484	0.6887	0.2823
0.075	270	2.649	2.673	0.1044	0.0428	0.220	792	7.770	7.842	0.7525	0.3085
0.080	288	2.825	2.851	0.1172	0.0480	0.230	828	8.123	8.198	0.8187	0.3356
0.085	306	3.002	3.029	0.1302	0.0534	0.240	864	8.476	8.554	0.8878	0.3640
0.090	324	3.179	3.208	0.1443	0.0591	0.250	900	8.829	8.910	0.9555	0.3917
0.095	342	3.355	3.386	0.1589	0.0649	0.260	936	9.183	9.266	1.0343	0.4240

Diamètre = 0m.200. *Section* = 0mq.031416. *Coefficient* a = 0.000330. *Coefficient* b = 0.000395.

VOLUMES écoulés en mètres cubes		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.001	3.6	0.035	0.032	0.0003	0.0001	0.100	360	3.532	3.183	0.1283	0.0526
0.002	7.2	0.071	0.063	0.0005	0.0002	0.105	378	3.708	3.343	0.1401	0.0574
0.003	10.8	0.106	0.095	0.0009	0.0004	0.110	396	3.885	3.502	0.1524	0.0625
0.004	14.4	0.141	0.127	0.0012	0.0005	0.115	414	4.061	3.661	0.1652	0.0677
0.005	18.0	0.176	0.159	0.0015	0.0006	0.120	432	4.238	3.8 3	0.1786	0.0732
0.006	21.6	0.212	0.191	0.0019	0.0008	0.125	450	4.415	3.978	0.1922	0.0788
0.007	25.2	0.247	0.223	0.0023	0.0009	0.130	468	4.591	4.138	0.2064	0.0846
0.008	28.8	0.282	0.254	0.0028	0.0011	0.135	486	4.768	4.298	0.2212	0.0907
0.009	32.4	0.318	0.286	0.0032	0.0013	0.140	504	4.944	4.457	0.2365	0.0970
0.010	36	0.353	0.318	0.0037	0.0015	0.145	522	5.121	4.616	0.2521	0.1033
0.015	54	0.530	0.477	0.0063	0.0026	0.150	540	5.298	4.774	0.2685	0.1100
0.020	72	0.706	0.636	0.0094	0.0038	0.155	558	5.474	4.935	0.2854	0.1170
0.025	90	0.883	0.795	0.0130	0.0053	0.160	576	5.651	5.094	0.3027	0.1241
0.030	108	1.059	0.954	0.0172	0.0070	0.165	594	5.827	5.253	0.3205	0.1314
0.035	126	1.236	1.114	0.0219	0.0090	0.170	612	6.004	5.412	0.3389	0.1389
0.040	144	1.413	1.273	0.0270	0.0110	0.175	630	6.181	5.570	0.3577	0.1466
0.045	162	1.589	1.432	0.0326	0.0133	0.180	648	6.357	5.731	0.3771	0.1546
0.050	180	1.766	1.591	0.0388	0.0159	0.185	666	6.534	5.890	0.3969	0.1627
0.055	198	1.942	1.750	0.0456	0.0186	0.190	684	6.710	6.049	0.4174	0.1711
0.060	216	2.119	1.9 1	0.0527	0.0216	0.195	702	6.887	6.208	0.4371	0.1792
0.065	234	2.296	2.069	0.0604	0.0247	0.200	720	7.064	6.366	0.4594	0.1883
0.070	252	2.472	2.228	0.0685	0.0281	0.210	756	7.417	6.686	0.5039	0.2066
0.075	270	2.649	2.387	0.0773	0.0317	0.220	792	7.770	7.004	0.5501	0.2255
0.080	288	2.825	2.547	0.0864	0.0354	0.230	828	8.123	7.322	0.5983	0.2453
0.085	306	3.002	2.706	0.0962	0.0394	0.240	864	8.476	7.646	0.6490	0.2663
0.090	324	3.179	2.865	0.1064	0.0430	0.250	900	8.829	7.956	0.7006	0.2872
0.095	342	3.355	3.024	0.1171	0.0480	0.260	936	9.182	8.276	0.7543	0.3092

Diamètre = 0m.216. *Section* = 0mq.03664. *Coefficient* a = 0.000300. *Coefficient* b = 0.000382.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de largeur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.001	3.6	0.035	0.027	0.0002	0.0001	0.100	360	3.532	2.729	0.0866	0.0355
0.002	7.2	0.071	0.054	0.0004	0.0002	0.105	378	3.708	2.865	0.0945	0.0387
0.003	10.8	0.106	0.081	0.0006	0.0003	0.110	396	3.885	3.001	0.1026	0.0410
0.004	14.4	0.141	0.109	0.0009	0.0004	0.115	414	4.061	3.138	0.1112	0.0456
0.005	18.0	0.176	0.136	0.0011	0.0005	0.120	432	4.238	3.274	0.1200	0.0492
0.006	21.6	0.212	0.163	0.0014	0.0006	0.125	450	4.415	3.411	0.1293	0.0530
0.007	25.2	0.247	0.191	0.0017	0.0007	0.130	468	4.591	3.547	0.1387	0.0568
0.008	28.8	0.282	0.218	0.0020	0.0008	0.135	486	4.768	3.684	0.1486	0.0609
0.009	32.4	0.318	0.245	0.0023	0.0009	0.140	504	4.944	3.820	0.1588	0.0651
0.010	36	0.353	0.273	0.0026	0.0011	0.145	522	5.121	3.957	0.1695	0.0695
0.015	54	0.530	0.409	0.0045	0.0018	0.150	540	5.298	4.093	0.1802	0.0739
0.020	72	0.706	0.545	0.0065	0.0026	0.155	558	5.474	4.230	0.1915	0.0785
0.025	90	0.883	0.682	0.0090	0.0037	0.160	576	5.651	4.366	0.2029	0.0832
0.030	108	1.059	0.818	0.0119	0.0049	0.165	594	5.827	4.502	0.2149	0.0881
0.035	126	1.236	0.955	0.0150	0.0061	0.170	612	6.004	4.639	0.2270	0.0930
0.040	144	1.413	1.091	0.0185	0.0076	0.175	630	6.181	4.775	0.2397	0.0983
0.045	162	1.589	1.228	0.0223	0.0091	0.180	648	6.357	4.912	0.2525	0.1035
0.050	180	1.766	1.364	0.0265	0.0108	0.185	666	6.534	5.048	0.2659	0.1090
0.055	198	1.942	1.500	0.0310	0.0127	0.190	684	6.710	5.185	0.2793	0.1145
0.060	216	2.119	1.637	0.0359	0.0147	0.195	702	6.887	5.321	0.2933	0.1202
0.065	234	2.296	1.873	0.0410	0.0168	0.200	720	7.064	5.458	0.3073	0.1260
0.070	252	2.472	1.910	0.0465	0.0190	0.220	792	7.770	6.0[illegible]2	0.3674	0.1506
0.075	270	2.649	2.046	0.0523	0.0214	0.240	864	8.476	6.548	0.4330	0.1776
0.080	288	2.825	2.183	0.0586	0.0240	0.260	936	9.183	7.094	0.5040	0.2068
0.085	306	3.002	2.319	0.0650	0.0266	0.280	1008	9.889	7.640	0.5803	0.2379
0.090	324	3.179	2.456	0.0718	0.0294	0.300	1080	10.595	8.186	0.6620	0.2714
0.095	342	3.355	2.592	0.0791	0.0324	0.320	1152	11.302	8.732	0.7491	0.3071

Diamètre = 0m.243. *Section* = 0mq.046377. *Coefficient* a = 0.000257. *Coefficient* b = 0.000362.

VOLUMES écoulés en mètres cubes. par 1''	VOLUMES écoulés en mètres cubes. par heure.	VOLUMES en pieds cubes anglais par 1''	VITESSES moyennes en mètres par 1''	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. AIR.	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. GAZ.	VOLUMES écoulés en mètres cubes. par 1''	VOLUMES écoulés en mètres cubes. par heure.	VOLUMES en pieds cubes anglais par 1''	VITESSES moyennes en mètres par 1''	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. AIR.	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.005	18	0.176	0.108	0.0007	0.0003	0.140	504	4.944	3.018	0.0867	0.0355
0.010	36	0.353	0.216	0.0015	0.0006	0.145	522	5.121	3.126	0.0923	0.0376
0.015	54	0.530	0.323	0.0025	0.0010	0.150	540	5.298	3.234	0.0982	0.0402
0.620	72	0.706	0.431	0.0038	0.0015	0.155	558	5.474	3.342	0.1044	0.0426
0.025	90	0.883	0.539	0.0052	0.0021	0.160	576	5.651	3.450	0.1105	0.0450
0.030	108	1.059	0.647	0.0068	0.0028	0.165	594	5.827	3.557	0.1170	0.0480
0.035	126	1.236	0.754	0.0085	0.0034	0.170	612	6.004	3.665	0.1235	0.0506
0.040	144	1.413	0.862	0.0105	0.0043	0.175	630	6.181	3.773	0.1303	0.0534
0.045	162	1.589	0.970	0.0125	0.0051	0.180	648	6.357	3.881	0.1372	0.0562
0.050	180	1.766	1.078	0.0149	0.0061	0.185	666	6.534	3.989	0.1444	0.0592
0.055	198	1.912	1.186	0.0173	0.0071	0.190	684	6.710	4.097	0.1517	0.0622
0.060	216	2.119	1.293	0.0199	0.0082	0.195	702	6.887	4.204	0.1592	0.0652
0.065	234	2.296	1.403	0.0228	0.0094	0.200	720	7.064	4.312	0.1668	0.0684
0.070	252	2.472	1.509	0.0258	0.0105	0.210	756	7.417	4.528	0.1827	0.0746
0.075	270	2.649	1.617	0.0290	0.0119	0.220	792	7.770	4.744	0.1993	0.0817
0.080	288	2.825	1.725	0.0323	0.0132	0.230	828	8.123	4.959	0.2166	0.0888
0.085	306	3.002	1.833	0.0358	0.0147	0.240	864	8.476	5.175	0.2346	0.0962
0.090	324	3.179	1.940	0.0396	0.0162	0.250	900	8.829	5.390	0.2534	0.1039
0.095	342	3.355	2.048	0.0435	0.0178	0.260	936	9.183	5.606	0.2728	0.1118
0.100	360	3.532	2.156	0.0476	0.0185	0.270	972	9.536	5.822	0.2930	0.1201
0.105	378	3.708	2.264	0.0519	0.0213	0.280	1008	9.889	6.037	0.3138	0.1286
0.110	396	3.885	2.372	0.0563	0.0231	0.290	1044	10.242	6.253	0.3354	0.1375
0.115	414	4.061	2.479	0.0609	0.0250	0.300	1080	10.595	6.468	0.3576	0.1466
0.120	432	4.238	2.587	0.0657	0.0269	0.350	1260	12.361	7.546	0.4799	0.1967
0.125	450	4.415	2.695	0.0707	0.0290	0.400	1440	14.127	8.624	0.6200	0.2542
0.130	468	4.591	2.803	0.0759	0.0311	0.450	1620	15.893	9.700	0.7777	0.3196
0.135	486	4.768	2.911	0.0812	0.0333	0.500	1800	17.659	10.780	0.9540	0.3911

Diamètre = 0m,250. *Section* = 0mq.049087. *Coefficient* a = 0.000240. *Coefficient* b = 0.000360.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6		2	3	4	5	
0.005	18	0.176	0.101	0.0005	0.0002	0.140	504	4 944	2.852	0.0744	0.0305
0.010	36	0.353	0.203	0.0013	0.0005	0.145	522	5.121	2.953	0.0793	0.0325
0.015	54	0.530	0.305	0.0022	0.0009	0.150	540	5.298	3.055	0.0848	0.0347
0.020	72	0.706	0.407	0.0032	0.0013	0.155	558	5.474	3.157	0.0895	0.0367
0.025	90	0.883	0.509	0.0044	0.0018	0.160	576	5.651	3.259	0.0949	0.0389
0.030	108	1.059	0.611	0.0057	0.0023	0.165	594	5.827	3.361	0.1006	0.0412
0.035	126	1.236	0.713	0.0073	0.0030	0.170	612	6.004	3.463	0.1060	0.0434
0.040	144	1.413	0.814	0.0089	0.0036	0.175	630	6.181	3.565	0 1116	0.0457
0.045	162	1 589	0.916	0.0108	0.0044	0.180	648	6.357	3.666	0.1178	0.0483
0.050	180	1.766	1.018	0.0127	0.0052	0.185	666	6.534	3 768	0.1237	0.0507
0.055	198	1.942	1.120	0.0149	0.0061	0.190	684	6.710	3.870	0.1302	0.0533
0.060	216	2.119	1.222	0.0171	0.0070	0 195	702	6.887	3.972	0.1366	0.0560
0.065	234	2.296	1.324	0.0195	0.0080	0.200	720	7.064	4.074	0.1432	0.0587
0.070	252	2.472	1.426	0.0221	0.0091	0.210	756	7.417	4.278	0.1568	0.0643
0.075	270	2.649	1.527	0.0249	0.0102	0.220	792	7.770	4.481	0.1710	0.0701
0.080	288	2.825	1.629	0.0277	0.0114	0 230	828	8.123	4.685	0.1858	0.0761
0.085	306	3.002	1.731	0.0308	0.0126	0.240	864	8.476	4.889	0.2013	0.0825
0.090	324	3.179	1.833	0.0340	0.0139	0.250	900	8.829	5.092	0.2173	0.0891
0.095	342	3.355	1.935	0.0374	0.0154	0.260	936	9.183	5.296	0.2340	0.0959
0.100	360	3.532	2.037	0.0409	0.0168	0.270	972	9.536	5.500	0.2513	0.1030
0.105	378	3.708	2.139	0.0445	0.0182	0 280	1008	9.889	5.704	0.2693	0.1104
0.110	396	3.885	2.240	0.0483	0.0199	0.290	1044	10.242	5.907	0.2878	0.1180
0.115	414	4.061	2.342	0.0523	0.0214	0.300	1080	10 595	6.111	0.3069	0.1258
0.120	432	4.238	2.444	0.0564	0.0231	0.350	1260	13.361	7.130	0.4118	0.1688
0.125	450	4.415	2.546	0.0607	0.0247	0.400	1440	14.127	8.148	0.5320	0.2181
0.130	468	4.591	2.648	0.0651	0.0267	0.450	1620	15.893	9.165	0.6674	0.2736
0.135	486	4.768	2.750	0.0696	0.0285	0.500	1800	17.659	10.184	0.8184	0.3355

Diamètre = 0m.270. *Section* = 0mq.057256. *Coefficient* a = 0.000215. *Coefficient* b = 0.000350.

VOLUMES écoulés en mètres cubes. par 1"	VOLUMES écoulés en mètres cubes. par heure.	VOLUMES en pieds cubes anglais par 1"	VITESSES moyennes en mètres par 1"	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur. en mètres de hauteur d'eau. AIR.	PERTES DE CHARGE GAZ.	VOLUMES écoulés en mètres cubes. par 1"	VOLUMES écoulés par heure.	VOLUMES en pieds cubes anglais par 1"	VITESSES moyennes en mètres par 1"	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. AIR.	PERTES DE CHARGE GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.005	18	0.176	0.087	0.0004	0.0001	0.140	504	4.944	2.445	0.0500	0.0205
0.010	36	0.353	0.174	0.0009	0.0004	0.145	522	5.121	2.532	0.0533	0.0217
0.015	54	0.530	0.262	0.0014	0.0006	0.150	540	5.298	2.620	0.0566	0.0233
0.020	72	0.706	0.349	0.0022	0.0009	0.155	558	5.474	2.707	0.0602	0.0247
0.025	90	0.883	0.436	0.0030	0.0012	0.160	576	5.651	2.794	0.0637	0.0261
0.030	108	1.059	0.524	0.0040	0.0016	0.165	594	5.827	2.881	0.0674	0.0276
0.035	126	1.236	0.611	0.0050	0.0020	0.170	612	6.004	2.969	0.0711	0.0291
0.040	144	1.413	0.698	0.0061	0.0025	0.175	630	6.181	3.056	0.0751	0.0308
0.045	162	1.589	0.786	0.0073	0.0030	0.180	648	6.357	3.144	0.0790	0.0323
0.050	180	1.766	0.873	0.0087	0.0035	0.185	666	6.534	3.231	0.0831	0.0340
0.055	198	1.942	0.960	0.0101	0.0041	0.190	684	6.710	3.318	0.0873	0.0357
0.060	216	2.119	1.048	0.0117	0.0048	0.195	702	6.887	3.406	0.0917	0.0376
0.065	234	2.296	1.135	0.0133	0.0054	0.200	720	7.084	3.493	0.0960	0.0393
0.070	252	2.472	1.222	0.0155	0.0063	0.210	756	7.417	3.667	0.1051	0.0431
0.075	270	2.649	1.310	0.0168	0.0069	0.220	792	7.770	3.842	0.1146	0.0470
0.080	288	2.825	1.397	0.0193	0.0079	0.230	828	8.123	4.017	0.1245	0.0510
0.085	306	3.002	1.484	0.0208	0.0086	0.240	864	8.476	4.191	0.1351	0.0554
0.090	324	3.179	1.572	0.0230	0.0094	0.250	900	8.829	4.366	0.1456	0.0596
0.095	342	3.355	1.659	0.0252	0.0104	0.260	936	9.183	4.541	0.1566	0.0642
0.100	360	3.532	1.746	0.0276	0.0113	0.270	972	9.536	4.715	0.1682	0.0690
0.105	378	3.705	1.834	0.0300	0.0123	0.280	1008	9.889	4.889	0.1801	0.0738
0.110	396	3.885	1.921	0.0326	0.0133	0.290	1044	10.242	5.065	0.1926	0.0790
0.115	414	4.061	2.008	0.0352	0.0144	0.300	1080	10.595	5.239	0.2054	0.0842
0.120	432	4.238	2.096	0.0379	0.0155	0.350	1260	12.361	6.112	0.2753	0.1128
0.125	450	4.415	2.183	0.0408	0.0168	0.400	1440	14.127	6.986	0.3556	0.1458
0.130	468	4.591	2.270	0.0438	0.0180	0.450	1620	15.893	7.859	0.4460	0.1829
0.135	486	4.768	2.357	0.0469	0.0192	0.500	1800	17.659	8.732	0.5466	0.2241

Diamètre = 0m.300. *Section* = 0mq.70686. *Coefficient* a = 0.000180. *Coefficient* b = 0.000332.

VOLUMES écoulés en mètres cubes par 1"	VOLUMES écoulés en mètres cubes par heure.	VOLUMES en pieds cubes anglais par 1"	VITESSES moyennes en mètres par 1"	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. AIR.	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. GAZ.	VOLUMES écoulés en mètres cubes par 1"	VOLUMES écoulés en mètres cubes par heure.	VOLUMES en pieds cubes anglais par 1"	VITESSES moyennes en mètres par 1"	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. AIR.	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.010	36	0.353	0.141	0.0004	0.0001	0.145	522	5.121	2.051	0.0303	0.0124
0.015	54	0.530	0.212	0.0009	0.0004	0.150	540	5.298	2.122	0.0322	0.0132
0.020	72	0.706	0.283	0.0013	0.0005	0.155	558	5.474	2.192	0.0342	0.0140
0.025	90	0.883	0.353	0.0018	0.0007	0.160	576	5.651	2.263	0.0362	0.0148
0.030	108	1.059	0.424	0.0023	0.0009	0.165	594	5.827	2.334	0.0383	0.0157
0.035	126	1.236	0.495	0.0029	0.0012	0.170	612	6.004	2.405	0.0404	0.0165
0.040	144	1.413	0.565	0.0036	0.0015	0.175	630	6.181	2.475	0.0426	0.0175
0.045	162	1.589	0.636	0.0042	0.0017	0.180	648	6.357	2.546	0.0448	0.0183
0.050	180	1.766	0.707	0.0050	0.0020	0.185	666	6.534	2.617	0.0471	0.0193
0.055	198	1.942	0.778	0.0058	0.0024	0.190	684	6.710	2.688	0.0495	0.0203
0.060	216	2.119	0.849	0.0067	0.0027	0.195	702	6.887	2.758	0.0519	0.0212
0.065	234	2.296	0.919	0.0076	0.0031	0.200	720	7.064	2.829	0.0543	0.0222
0.070	252	2.472	0.990	0.0086	0.0035	0.210	756	7.417	2.970	0.0595	0.0244
0.075	270	2.649	1.061	0.0097	0.0039	0.220	792	7.770	3.112	0.0648	0.0265
0.080	288	2.825	1.131	0.0108	0.0044	0.230	828	8.123	3.254	0.0704	0.0288
0.085	306	3.002	1.202	0.0120	0.0049	0.240	864	8.476	3.394	0.0761	0.0312
0.090	324	3.179	1.273	0.0132	0.0054	0.250	900	8.829	3.536	0.0819	0.0335
0.095	342	3.355	1.344	0.0144	0.0059	0.260	936	9.183	3.678	0.0885	0.0362
0.100	360	3.532	1.414	0.0157	0.0064	0.270	972	9.536	3.820	0.0949	0.0389
0.105	378	3.705	1.485	0.0171	0.0070	0.280	1008	9.889	3.960	0.1016	0.0416
0.110	396	3.885	1.556	0.0186	0.0076	0.290	1044	10.242	4.102	0.1084	0.0444
0.115	414	4.061	1.627	0.0201	0.0082	0.300	1080	10.595	4.244	0.1157	0.0474
0.120	432	4.238	1.697	0.0216	0.0088	0.400	1440	14.127	5.658	0.1998	0.0819
0.125	450	4.415	1.768	0.0233	0.0095	0.450	1620	15.893	6.360	0.2501	0.1025
0.130	468	4.591	1.839	0.0250	0.0102	0.500	1800	17.659	7.073	0.3069	0.1258
0.135	486	4.768	1.910	0.0267	0.0109	0.550	1980	19.425	7.780	0.3661	0.1513
0.140	504	4.944	1.980	0.0285	0.0117	0.600	2160	21.191	8.488	0.4370	0.1791

Diamètre = 0m.325. *Section* = 0mq.082958. *Coefficient* a = 0.000151. *Coefficient* b = 0.000326.

VOLUMES écoulés en mètres cubes		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1''	par heure.	par 1''	par 1''	AIR.	GAZ.	par 1''	par heure.	par 1''	par 1''	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.010	36	0.353	0.120	0.0003	0.0001	0.280	1008	9.889	3.374	0.0673	0.0276
0.020	72	0.706	0.241	0.0009	0.0003	0.290	1044	10.242	3.496	0.0719	0.0295
0.030	108	1.059	0.361	0.0015	0.0006	0.300	1080	10.595	3.616	0.0767	0.0314
0.040	144	1.413	0.482	0.0024	0.0010	0.310	1116	10.949	3.737	0.0815	0.0334
0.050	180	1.766	0.602	0.0033	0.0013	0.320	1152	11.302	3.856	0.0866	0.0355
0.060	216	2.119	0.723	0.0045	0.0018	0.330	1188	11.655	3.978	0.0918	0.0376
0.070	252	2.472	0.844	0.0057	0.0023	0.340	1224	12.008	4.098	0.0972	0.0398
0.080	288	2.825	0.964	4.0072	0.0029	0.350	1260	12.361	4.219	0.1026	0.0420
0.090	324	3.179	1.085	0.0087	0.0036	0.360	1296	12.714	4.338	0.1083	0.0444
0.100	360	3.532	1.205	0.0104	0.0042	0.370	1332	13.068	4.460	0.1141	0.0468
0.110	396	3.885	1.326	0.0122	0.0050	0.380	1368	13.421	4.580	0.1201	0.0492
0.120	432	4.238	1.446	0.0143	0.0058	0.390	1404	13.774	4.700	0.1261	0.0517
0.130	468	4.591	1.567	0.0165	0.0067	0.400	1440	14.127	4.821	0.1324	0.0543
0.140	504	4.944	1.687	0.0189	0.0077	0.410	1476	14.480	4.942	0.1388	0.0569
0.150	540	5.298	1.808	0.0213	0.0087	0.420	1512	14.834	5.063	0.1454	0.0596
0.160	676	5.651	1.928	0.0240	0.0098	0.430	1548	15.187	5.183	0.1521	0.0624
0.170	612	6.004	2.049	0.0267	0.0109	0.440	1584	15.540	5.304	0.1590	0.0652
0.180	648	6.357	2.169	0.0297	0.0122	0.450	1620	15.893	5.424	0.1659	0.0680
0.190	684	6.710	2.290	0.0327	0.0134	0.460	1656	16.246	5.545	0.1731	0.0709
0.200	720	7.064	2.411	0.0360	0.0148	0.470	1692	16.599	5.665	0.1804	0.0737
0.210	756	7.417	2.531	0.0393	0.0161	0.480	1728	16.953	5.786	0.1879	0.0770
0.220	792	7.770	2.652	0.0429	0.0174	0.490	1764	17.306	5.906	0.1955	0.0801
0.230	828	8.123	2.772	0.0466	0.0190	0.500	1800	17.659	6.027	0.2033	0.0833
0.240	864	8.476	2.893	0.0502	0.0200	0.550	1980	19.425	6.630	0.2444	0.1002
0.250	900	8.829	3.013	0.0544	0.0223	0.600	2160	21.191	7.232	0.2802	0.1082
0.260	936	9.183	3.134	0.0586	0.0240	0.650	2340	22.957	7.835	0.3380	0.1385
0.270	972	9.536	3.254	0.0628	0.0257	0.700	2520	24.723	8.438	0.3904	0.1000

Diamètre = 0m.350. *Section* = 0mq.096211. *Coefficient* a = 0m.000125. *Coefficient* b = 0m.000310.

VOLUMES écoulés en mètres cubes		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1''	par heure.	par 1''	par 1''	AIR.	GAZ.	par 1''	par heure.	par 1''	par 1''	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.010	36	0.353	0.104	0.0002	0.0001	0.280	1008	9.889	2.910	0.0442	0.0181
0.020	72	0.706	0.208	0.0005	0 0002	0.290	1044	10.242	3.014	0 0472	0.0193
0.030	108	1.059	0.312	0.0009	0.0004	0.300	1080	10.595	3.118	0.0503	0.0207
0.040	144	1.413	0.416	0.0015	0.0006	0.320	1152	11.302	3.325	0.0568	0.0233
0.050	180	1.766	0.520	0.0022	0.0009	0.340	1224	12.008	3.533	0.0637	0.0261
0.060	216	2.119	0.623	0.0029	0.0012	0.360	1296	12.714	3.742	0.0711	0.0291
0.070	252	2 472	0.727	0.0037	0.0015	0.380	1368	13.421	3.950	0.0788	0.0323
0.080	288	2.825	0.831	0.0046	0.0019	0.400	1440	14.127	4.157	0.0869	0.0356
0.090	324	3.179	0.935	0.0056	0.0023	0.420	1512	14.834	4.364	0.0954	0.0391
0.100	360	3.532	1.039	4.0068	0.0028	0.440	1584	15.540	4.572	0.1043	0.0427
0.110	396	3.885	1.143	0.0081	0.0033	0.460	1656	16.246	4.780	0.1137	0.0466
0.120	432	4.238	1.247	0.0094	0.0038	0.480	1728	16.953	4.988	0.1227	0.0503
0.130	468	4.591	1.351	0.0108	0.0044	0.500	1800	17.659	5.197	0.1335	0.0547
0.140	504	4.944	1.455	0.0123	0.0051	0.520	1872	18.365	5.404	0.1435	0.0588
0.150	540	5.298	1.559	0.0140	0.0057	0.540	1944	19.072	5.612	0.1549	0.0635
0 160	676	5.651	1.663	0.0157	0.0064	0.560	2016	19.778	5.820	0.1662	0.0681
0.170	612	6.004	1.767	0.0175	0.0072	0.580	2088	20.484	6 028	0.1779	0.0729
0.180	648	6.357	1.871	0.0194	0.0080	0.600	2160	21.191	6.236	0.1894	0.0776
0.190	684	6.710	1.975	0.0214	0.0088	0.620	2232	21.897	6.444	0.2025	0.0830
0.200	720	7.064	2.078	0.0235	0.0096	0.640	2304	22.604	6.650	0.2153	0.0882
0.210	756	7.417	2.182	0.0257	0.0105	0.660	2376	23.310	6.860	0.2287	0.0938
0.220	792	7.770	2.286	0.0281	0.0115	0.680	2448	24.016	7.066	0.2425	0.0994
0.230	828	8.123	2.390	0.0305	0.0125	0.700	2520	24.723	7.275	0.2565	0.1051
0.240	864	8.476	2.494	0.0330	0.0135	0.800	2880	28.254	8.314	0.3327	0.1364
0.250	900	8.829	2.598	0.0357	0.0147	0.900	3240	31.786	9.350	0.4189	0.1717
0.260	936	9.183	2.702	0.0384	0.0158	1.000	3600	35.318	10.394	0.5152	0.2112
0.270	972	9.536	2.806	0.0413	0.0169	1.100	3960	38.850	11.430	0.6214	0.2547

Diamètre = 0m.400. *Section* = 0mq.125664. *Coefficient* a = 0m.000075. *Coefficient* b = 0m.000280.

VOLUMES écoulés en mètres cubes. par 1"	par heure.	VOLUMES en pieds cubes anglais par 1"	VITESSES moyennes en mètres par 1"	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. AIR.	GAZ.	VOLUMES écoulés en mètres cubes par 1"	par heure.	VOLUMES en pieds cubes anglais par 1"	VITESSES moyennes en mètres par 1"	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau. AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.020	72	0.706	0.159	0.0002	0.0001	0.560	2016	19.778	4.456	0.0756	0.0310
0.040	144	1.412	0.318	0.0007	0.0003	0.580	2088	20.484	4.615	0.0808	0.0331
0.060	216	2.119	0.477	0.0013	0.0005	0.600	2160	21.191	4.774	0.0868	0.0355
0.080	288	2.826	0.636	0.0020	0.0008	0.620	2232	21.897	4.934	0.0924	0.0379
0.100	360	3.532	0.795	0.0030	0.0012	0.640	2304	22.604	5.093	0.0984	0.0403
0.120	432	4.238	0.955	0.0042	0.0017	0.660	2376	23.310	5.252	0.1045	0.0428
0.140	504	4.944	1.114	0.0055	0.0022	0.680	2448	24.016	5.411	0.1106	0.0453
0.160	576	5.651	1.273	0.0069	0.0028	0.700	2520	24.723	5.570	0.1169	0.0479
0.180	648	6.357	1.432	0.0086	0.0035	0.720	2592	25.429	5.729	0.1237	0.0507
0.200	720	7.064	1.591	0.0104	0.0042	0.740	2664	26.135	5.888	0.1304	0.0534
0.220	792	7.770	1.750	0.0124	0.0051	0.760	2736	26.842	6.048	0.1375	0.0563
0.240	864	8.476	1.909	0.0148	0.0060	0.780	2808	27.548	6.207	0.1447	0.0593
0.260	936	9.183	2.069	0.0171	0.0070	0.800	2880	28.254	6.366	0.1520	0.0623
0.280	1008	9.889	2.228	0.0198	0.0081	0.820	2952	28.961	6.525	0.1594	0.0653
0.300	1080	10.595	2.387	0.0227	0.0093	0.840	3024	29.667	6.684	0.1673	0.0686
0.320	1152	11.302	2.546	0.0257	0.0105	0.860	3096	30.374	6.843	0.1753	0.0718
0.340	1224	12.008	2.705	0.0289	0.0119	0.880	3168	31.080	7.003	0.1833	0.0751
0.360	1296	12.714	2.864	0.0322	0.0132	0.900	3240	31.786	7.162	0.1915	0.0785
0.380	1368	13.421	3.024	0.0356	0.0146	0.920	3312	32.493	7.321	0.2000	0.0820
0.400	1440	14.127	3.183	0.0391	0.0160	0.940	3384	33.199	7.480	0.2086	0.0855
0.420	1512	14.834	3.342	0.0434	0.0178	0.960	3456	33.905	7.639	0.2174	0.0891
0.440	1584	15.540	3.501	0.0475	0.0195	0.980	3528	34.612	7.798	0.2264	0.0928
0.460	1656	16.246	3.660	0.0512	0.0210	1.000	3600	35.318	7.957	0.2356	0.0966
0.480	1728	16.953	3.819	0.0562	0.0230	1.100	3960	38.850	8.750	0.2841	0.1164
0.500	1800	17.659	3.979	0.0608	0.0249	1.200	4320	42.382	9.548	0.3374	0.1388
0.520	1872	18.365	4.138	0.0656	0.0269	1.300	4680	45.914	10.348	0.3953	0.1620
0.540	1944	19.072	4.297	0.0705	0.0289	1.400	5040	49.445	11.140	0.4575	0.1875

Diamètre = 0m.500. *Section* = 0mq.196350. *Coefficient* a = 0m.000020. *Coefficient* b = 0m.000246.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.025	90	0.883	0.127	0.00006	0.00002	0.700	2520	24.723	3.565	0.0330	0.0135
0.050	180	1.766	0.254	0.0002	0.00008	0.725	2610	25.606	3.692	0.0353	0.0145
0.075	270	2.649	0.382	0.0004	0.00018	0.750	2700	26.489	3.819	0.0378	0.0155
0.100	360	3.532	0.509	0.0007	0.0003	0.775	2790	27.372	3.947	0.0403	0.0165
0.125	450	4.415	0.636	0.0011	0.0004	0.800	2880	28.254	4.074	0.0429	0.0176
0.150	540	5.298	0.764	0.0016	0.0006	0.825	2970	29.137	4.202	0.0456	0.0187
0.175	630	6.181	0.891	0.0022	0.0009	0.850	3060	30.020	4.329	0.0484	0.0198
0.200	720	7.064	1.018	0.0028	0.0011	0.875	3150	30.903	4.456	0.0513	0.0210
0.225	810	7.946	1.146	0.0035	0.0014	0.900	3240	31.786	4.584	0.0542	0.0222
0.250	900	8.829	1.273	0.0043	0.0018	0.925	3330	32.669	4.711	0.0573	0.0235
0.275	990	9.712	1.400	0.0052	0.0021	0.950	3420	33.552	4.838	0.0604	0.0247
0.300	1080	10.595	1.528	0.0062	0.0025	0.975	3510	34.435	4.965	0.0636	0.0261
0.325	1170	11.478	1.655	0.0072	0.0030	1.000	3600	35.318	5.093	0.0669	0.0274
0.350	1260	12.361	1.782	0.0084	0.0034	1.025	3690	36.201	5.220	0.0702	0.0288
0.375	1350	13.244	1.909	0.0096	0.0039	1.050	3780	37.084	5.347	0.0737	0.0302
0.400	1440	14.127	2.037	0.0109	0.0045	1.075	3870	37.967	5.474	0.0772	0.0316
0.425	1530	15.010	2.164	0.0123	0.0050	1.100	3960	38.850	5.602	0.0808	0.0331
0.450	1620	15.893	2.292	0.0138	0.0056	1.125	4050	39.732	5.729	0.0844	0.0346
0.475	1710	16.776	2.419	0.0153	0.0063	1.150	4140	40.616	5.857	0.0882	0.0361
0.500	1800	17.659	2.546	0.0169	0.0069	1.175	4230	41.499	5.984	0.0921	0.0377
0.525	1890	18.522	2.673	0.0187	0.0076	1.200	4320	42.382	6.111	0.0961	0.0393
0.550	1980	19.425	2.801	0.0205	0.0084	1.225	4410	43.265	6.239	0.1000	0.0410
0.575	2070	20.308	2.928	0.0223	0.0091	1.250	4500	44.148	6.366	0.1040	0.0427
0.600	2160	21.191	3.055	0.0243	0.0099	1.300	4680	45.914	6.620	0.1124	0.0461
0.625	2250	22.074	3.183	0.0263	0.0108	1.400	5040	49.445	7.130	0.1302	0.0584
0.650	2340	22.957	3.310	0.0285	0.0117	1.500	5400	52.978	7.639	0.1497	0.0614
0.675	2430	23.840	3.438	0.0307	0.0126	1.600	5760	56.509	8.148	0.1702	0.0698

Diamètre = 0m.600. *Section* = 0mq.282744. *Coefficient* a = 0. *Coefficient* b = 0m.000220.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.025	90	0.883	0.088	0.00001	0.000006	0.700	2520	24.723	2.475	0.0115	0.0047
0.050	180	1.766	0.177	0.00006	0.000024	0 725	2610	25.606	2.563	0.0124	0.0051
0.075	270	2.649	0.265	0.00013	0.000054	0.750	2700	26.489	2.652	0.0133	0.0054
0.100	360	3.532	0.353	0.0002	0.000096	0.775	2790	27.372	2.740	0.0142	0.0058
0.125	450	4.415	0.442	0.0003	0.00015	0.800	2880	28.254	2.829	0.0151	0.0062
0.150	540	5.298	0.530	0.0005	0.00022	0.825	2970	29.137	2.917	0.0160	0.0066
0.175	630	6.181	0.618	0.0007	0.00029	0.850	3060	30.020	3.005	0.0170	0.0070
0.200	720	7.064	0.707	0.0009	0.00038	0.875	3150	30.903	3.094	0.0181	0.0074
0.225	810	7.946	0.795	0.0012	0.00049	0.900	3240	31.736	3.182	0.0191	0.0078
0.250	900	8.829	0.884	0.0014	0.0006	0.925	3330	32.669	3.270	0.0202	0.0083
0.275	990	9.712	0.972	0.0018	0.0007	0.950	3420	33.552	3.359	0.0213	0.0087
0.300	1080	10.595	1.061	0.0021	0.0009	0.975	3510	34.435	3.447	0.0224	0.0092
0.325	1170	11.478	1.149	0.0025	0.0010	1.000	3600	35.318	3.536	0.0235	0.0096
0.350	1260	12.361	1.237	0.0029	0.0012	1.050	3780	37.084	3.712	0.0260	0.0106
0.375	1350	13.244	1.326	0.0033	0.0013	1.100	3960	38.850	3.889	0.0284	0.0116
0.400	1440	14.127	1.414	0.0038	0.0015	1.150	4140	40.616	4.066	0.0312	0.0128
0.425	1530	15.010	1.502	0.0042	0.0017	1.200	4320	42.382	4.243	0.0340	0.0139
0.450	1620	15.893	1.591	0.0048	0.0019	1.250	4500	44 148	4.420	0.0369	0.0151
0.475	1710	16.776	1.679	0.0053	0.0022	1.300	4680	45.914	4.596	0.0399	0 0163
0.500	1800	17.659	1.768	0.0059	0.0024	1.350	4860	47.679	4.773	0.0430	0.0176
0.525	1800	18.522	1.856	0.0065	0.0026	1.400	5040	49.445	4.950	0.0462	0.0189
0.550	1980	19.425	1.945	0.0072	0.0029	1.450	5220	51.211	5.126	0.0496	0.0203
0.575	2070	20.308	2.033	0.0078	0.0032	1.500	5400	52.977	5.303	0.0531	0.0218
0.600	2160	21.191	2.121	0.0085	0.0035	1.600	5760	56.509	5.658	0.0604	0.0247
0.625	2250	22.074	2.200	0.0092	0.0038	1.700	6120	60.041	6.010	0.0680	0.0280
0.650	2840	22.957	2.298	0.0100	0.0041	1.800	6480	63.573	6.364	0.0764	0.0312
0.675	2430	23.840	2.386	0.0107	0.0044	1.900	6840	67.105	6.718	0.0852	0.0348

Diamètre = $0^m.700$. *Section* $0^{mq}.384846$. *Coefficient* a = 0. *Coefficient* b = $0^m.000200$.

VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1900m de longueur en mètres de hauteur d'eau.		VOLUMES écoulés en mètres cubes.		VOLUMES en pieds cubes anglais	VITESSES moyennes en mètres	PERTES DE CHARGE pour 1000m de longueur en mètres de hauteur d'eau.	
par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.	par 1"	par heure.	par 1"	par 1"	AIR.	GAZ.
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
0.050	180	1.766	0.130	0.00002	0.00001	1.400	5040	49.445	3.638	0.0194	0.0080
0.100	360	3.532	0.260	0.00009	0.00004	1.450	5220	51.211	3.767	0.0207	0.0085
0.150	540	5.298	0.390	0.00022	0.00009	1.500	5400	52.977	3.897	0.0223	0.0091
0.200	720	7.064	0.519	0.00039	0.00016	1.550	5580	54.743	4.027	0.0238	0.0097
0.250	900	8.829	0.649	0.0006	0.00025	1.600	5760	56.509	4.152	0.0253	0.0104
0.300	1080	10.595	0.779	0.0009	0.00036	1.650	5940	58.275	4.287	0.0270	0.0111
0.350	1260	12.361	0.909	0.0012	0.0005	1.700	6120	60.041	4.416	0.0287	0.0117
0.400	1440	14.127	1.038	0.0016	0.0006	1.750	6300	61.807	4.547	0.0304	0.0124
0.450	1620	15.893	1.169	0.0020	0.0008	1.800	6480	63.573	4.676	0.0322	0.0133
0.500	1800	17.659	1.299	0.0025	0.0010	1.850	6660	65.339	4.807	0.0339	0.0139
0.550	1980	19.425	1.429	0.0030	0.0012	1.900	6840	67.105	4.936	0.0358	0.0147
0.600	2160	21.191	1.558	0.0035	0.0014	1.950	7020	68.870	5.067	0.0377	0.0154
0.650	2340	22.957	1.689	0.0042	0.0017	2.000	7200	70.636	5.196	0.0397	0.0163
0.700	2520	24.723	1.819	0.0049	0.0020	2.050	7380	72.402	5.327	0.0417	0.0171
0.750	2700	26.489	1.949	0.0056	0.0023	2.100	7560	74.168	5.456	0.0437	0.0179
0.800	2880	28.254	2.076	0.0063	0.0026	2.150	7740	75.934	5.586	0.0458	0.0188
0.850	3060	30.020	2.208	0.0071	0.0029	2.200	7920	77.700	5.716	0.0480	0.0197
0.900	3240	31.786	2.348	0.0081	0.0033	2.250	8100	79.466	5.846	0.0502	0.0206
0.950	3420	33.552	2.468	0.0089	0.0037	2.300	8280	81.232	5.976	0.0525	0.0215
1.000	3600	35.318	2.598	0.0100	0.0041	2.350	8460	82.997	6.106	0.0548	0.0224
1.050	3780	37.084	2.728	0.0110	0.0045	2.400	8640	84.764	6.232	0.0571	0.0234
1.100	3960	38.850	2.858	0.0120	0.0049	2.450	8820	86.530	6.366	0.0596	0.0244
1.150	4140	40.616	2.988	0.0132	0.0054	2.500	9000	88.295	6.496	0.0620	0.0254
1.200	4320	42.382	3.116	0.0143	0.0058	2.700	9720	95.359	7.016	0.0724	0.0296
1.250	4500	44.148	3.248	0.0155	0.0063	2.900	10440	102.423	7.534	0.0838	0.0343
1.300	4680	45.914	3.378	0.0168	0.0069	3.100	11160	109.486	8.054	0.0958	0.0392
1.350	4860	47.679	3.508	0.0181	0.0074	3.500	12600	123.614	9.094	0.1228	0.0501

NOTE

SUR LES

APPAREILS POUR LA MISE A SEC DES NAVIRES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867.

PAR M. MALLET.

EXPOSÉ. Parmi les questions si nombreuses qui intéressent la navigation, il en est une dont les ingénieurs, aussi bien que les marins, doivent à juste titre se préoccuper : je veux parler des moyens de mettre à sec les navires pour visiter, nettoyer, et, au besoin, réparer leurs carènes.

Les premiers navigateurs, les Phéniciens et les Grecs, tiraient à terre leurs galères, comme le font encore aujourd'hui les peuplades maritimes de l'Océanie pour leurs pirogues et les pêcheurs de nos côtes pour leurs bateaux, non-seulement pour les réparer, mais encore pour les remiser lorsqu'ils ne s'en servent pas ; ce moyen a même été proposé tout récemment pour assurer la conservation de notre flotte cuirassée.

On comprend aisément que si rien n'est plus simple que de tirer à terre une embarcation de quelques tonneaux, il n'en est plus de même pour un navire qui déplace quelques milliers de mètres cubes, et dont la longueur atteint et dépasse cent mètres. Il a donc fallu, à mesure que les dimensions des navires augmentaient, se préoccuper d'employer des moyens de plus en plus puissants pour faciliter et surtout rendre rapide l'opération de la mise à sec. Un navire représente un capital quelquefois énorme, et les réparations, outre les dépenses qu'elles nécessitent, se traduisent souvent par des chômages au grand détriment de l'armateur. En outre, avec l'emploi si général aujourd'hui des coques en fer et de l'hélice, il faut à chaque instant visiter les propulseurs ou les démonter, gratter et peindre les carènes ; la mise à sec est donc devenue une opération de première nécessité et journalière dans un port de quelque importance.

L'attention des ingénieurs s'est dirigée sur cette question, et il en est

résulté un certain nombre de solutions dont quelques-unes sont bien remarquables, puisque avec certains appareils on peut aujourd'hui mettre à sec un navire de la plus forte dimension en quelques heures, on peut même dire en quelques minutes.

L'Exposition universelle de 1867 ne nous offre malheureusement que quelques rares modèles des appareils ou procédés par lesquels on réalise l'opération dont je parle. Ces modèles sont néanmoins très-intéressants à étudier ; mais avant de les passer en revue, je demande, pour le faire méthodiquement, la permission d'établir parmi ces procédés et appareils quelques divisions, en indiquant préalablement le principe, les caractères distinctifs et l'histoire de chacune.

PREMIER GROUPE.

Je rangerai d'abord dans un premier groupe les procédés primitifs, on pourrait dire barbares, si, en définitive, ils ne rendaient tous les jours des services : je veux parler de l'abattage en carène, de l'échouage et du gril de marée.

Abattage en carène. L'abattage en carène est fort simple : après avoir pris les précautions nécessaires et fortement arrimé ce qu'on laisse à bord, on amarre le navire, généralement par la tête des bas-mâts, à un fort ponton, à un quai ou même à des ancres, et, par l'action de calivares et de cabestans, on arrive à lui donner, sur un bord, une inclinaison qui va jusqu'à découvrir la quille (Pl. 93, fig. 7). On emploie journellement ce moyen dans les ports de commerce pour des opérations telles que calfatage, changement de cuivre, etc. Il faut que le navire soit déchargé, que tout y soit convenablement arrimé, et que l'opération soit conduite avec beaucoup de précautions ; on n'en fatigue pas moins considérablement la mâture et la coque ; enfin, ce procédé assez long, puisqu'il faut répéter l'opération sur chaque bord, est impraticable pour des navires à vapeur.

On a, dans quelques cas particuliers, opéré d'une manière analogue, mais dans le sens longitudinal, pour arriver à émerger le moyeu d'une hélice ou des ferrures de gouvernail, en faisant plonger le navire de l'avant et en soulevant l'arrière au moyen de pontons. Ce procédé, employé, si je ne me trompe, à Saint-Nazaire pour reclaveter le propulseur du paquebot de la Compagnie générale transatlantique le *Vera-Cruz*, ne peut l'être que pour un navire en fer, et ne le serait pas sur tous sans danger pour la coque.

Échouage. Dans les ports à marée, on visite, nettoie et répare, dans certaine mesure, les navires en les laissant échouer à basse mer ; on le

fait dans les ports à fond vaseux, et pour de petits navires; car pour des bâtiments de fort tonnage et de grande longueur, surtout en bois, ce serait très-dangereux. Au Havre, les steamers qui font le service des ports voisins, Honfleur, Caen, Trouville, Southampton, échouent à chaque marée dans l'avant-port; on en profite pour nettoyer et enduire les coques, qui obtiennent ainsi une longue durée à très peu de frais.

Gril de marée. On a perfectionné ce procédé rudimentaire au moyen du gril de carénage ou de marée. Le gril consiste dans une sorte de plate-forme en charpente sur laquelle on arrime le navire à haute mer en l'amarrant convenablement; la mer, en baissant, le laisse à sec, et on peut y travailler jusqu'au retour de l'eau. Le temps pendant lequel le navire reste à découvert dépend de la cote de hauteur de la plate-forme au-dessus des basses mers, et des conditions dans lesquelles le port se trouve relativement aux marées.

Au Havre, le gril de l'avant-port peut recevoir des navires de 3 à 4 mètres de tirant d'eau, qui restent à sec trois ou quatre heures.

Ce procédé, simple et peu coûteux, ne peut s'employer que dans des ports à marées, pour des navires d'un tirant d'eau médiocre, et pour des visites et nettoyages plutôt que pour des réparations, à moins que celles-ci ne soient extrêmement minimes.

DEUXIÈME GROUPE.

Bassins de radoub. Les constructions désignées sous le nom de bassins de radoub, formes de carénage, cales sèches, etc., en anglais *dry docks*, réalisent l'échouage dans de meilleures conditions, c'est-à-dire sur un fond préparé d'avance et à l'abri du retour de la mer; elles constituent, en définitive, l'appareil le plus répandu actuellement; on en trouve la trace en Angleterre dès 1623, et en 1667, paraît-il, il en fut construit un à Rochefort; il y en a aujourd'hui dans presque tous les pays du monde, et c'est à peu près, du moins en Angleterre et en France, le seul appareil employé dans les ports militaires et les arsenaux. On en a fait de la plus grande dimension : la forme du Havre a près de 140 mètres de longueur sur 40 de large, et peut laisser entrer des vapeurs à aubes de 24 mètres de largeur hors tambours.

Une forme sèche est une grande enceinte en maçonnerie dont les fondations, surtout dans les terrains peu consistants où on est souvent obligé de les établir, exigent toutes les ressources de l'art de l'ingénieur. On peut citer comme exemple de ces difficultés la construction des formes de Toulon. L'entrée est fermée par des portes à battants ou par un bateau-porte; l'enceinte est mise en communication avec l'extérieur pour faire entrer le navire auquel on a préparé une installation conve-

nable; on ferme ensuite les portes et on épuise le bassin, soit au moyen de pompes, soit en profitant du reflux de la mer lorsqu'on est dans un port à marée.

Avant de laisser baisser l'eau, on a soin d'épontiller le navire par les côtés, et, à mesure que le niveau baisse, on a soin de le maintenir par des accores. Une fois le travail de visite ou de réparation terminé, on introduit l'eau, on ouvre les portes et on fait sortir le navire.

Je m'étendrai peu sur ces constructions qui, en France du moins, n'intéressent pas directement les ingénieurs civils.

L'Exposition ne nous présente d'ailleurs dans ce genre que le modèle des formes de radoub du Salou à Brest, et le modèle d'un bateau-porte en fer d'une des formes de Toulon.

Les formes sèches ont contre elles leur prix élevé et les difficultés de la construction, la nécessité d'épuiser un volume d'eau considérable et d'autant plus grand que le navire est plus petit, la difficulté de les conserver étanches et enfin le temps souvent considérable nécessaire pour l'établissement : c'est ce qui dans bien des cas a fait préférer les appareils dont je parlerai plus loin ; en outre il n'est pas possible de combiner leur emploi avec celui d'appareils auxiliaires, comme on le verra ci-dessous.

TROISIÈME GROUPE.

Cales de halage. Je classerai dans le troisième groupe les appareils à plan incliné ou cales de halage sur lesquelles on tire les navires hors de l'eau. C'est le moyen le plus anciennement employé : on n'avait du reste qu'à se servir des cales de construction avant de songer à établir des cales spéciales de halage; la traction s'opérant déjà à l'aide de machines, très-probablement de cabestans, si nous en croyons Horace :

Trahuntque siccas machinæ carinas.

Cales longitudinales. Les cales de halage très-fréquemment employées de tout temps présentent quelques variétés, mais en somme il y a dans toutes un berceau sur lequel repose le navire et un plan incliné en charpente ou en maçonnerie muni de rails sur lesquels glisse ou roule le berceau.

La pente est très-variable comme pour les cales de construction : avec des inclinaisons trop faibles, le navire ne redescendrait pas seul et la longueur de la construction sous l'eau deviendrait trop considérable. C'est cette question qui fait souvent préférer les cales à glissement aux cales à roulement, le travail à réaliser dans l'un et l'autre cas est d'ail-

leurs le même : on ne fait dans les cales à roulement que diminuer l'effort de traction.

La traction s'opère de diverses manières : pour les petits navires on se contente de cabestans ; pour des poids plus considérables on emploie des vis ou des chaînes mues par des moteurs mécaniques ; on a enfin établi des cales où la traction se fait par des presses hydrauliques.

Cales hydrauliques. Un beau spécimen de ces machines a été établi par la Société des forges et chantiers de la Méditerranée à San-Bartolomeo, arsenal de la Spezzia ; on peut y élever des navires de 3,000 tonnes, la machine motrice a une force de 50 chevaux et la traction s'opère par une chaîne formée de longues barres de 25 centimètres de diamètre. La pente est de 7 pour 100 et la dépense a été d'environ un million.

Un ingénieur anglais, M. Morton, de Leith, a construit un grand nombre de cales de halage presque toutes à mouvement hydraulique, entre autres celle d'Alexandrie, qui peut également recevoir des navires de 3,000 tonnes.

Cales transversales. On rencontre à l'Exposition un modèle d'une cale de halage établie à Bordeaux par MM. Moulinié et Labat sur le système de ce dernier ; cette cale est à glissement et transversale, c'est-à-dire que le navire y est élevé parallèlement à lui-même dans le sens de sa largeur (Pl. 93, fig. 8). Cet appareil se compose d'une plate-forme en charpente de 100 mètres de longueur établie sous une pente de 30 pour 100, et sur laquelle glisse un berceau à section triangulaire dont la longueur se fractionne suivant la longueur du navire qu'on veut remonter. La traction s'opère au moyen de longues vis au nombre de 38 qui agissent sur des chaînes passant sur des poulies de manière à produire un effet compensateur ; les vis sont manœuvrées par des écrous et des engrenages auxquels un arbre transversal, actionné par un moteur, donne le mouvement. On peut se servir de cette cale pour des navires tirant $6^{m},50$ d'eau.

Ce système présente des avantages, le navire n'a pas d'inclinaison, il n'éprouve pas au moment du passage de la position horizontale à la position inclinée un mouvement longitudinal de nature à fatiguer la coque. La pente étant considérable, les dimensions transversales sont faibles, c'est un grand avantage dans les établissements situés au bord des rivières où les terrains sont souvent limités dans le sens perpendiculaire au bord. La disposition transversale est en outre commode au point de vue des manœuvres, celles-ci ne sont pas aussi affectées par les courants et gênent moins la navigation ; enfin la possibilité de fractionner l'appareil, suivant la longueur du navire et de recevoir plusieurs navires de petites dimensions, constitue un avantage sérieux.

D'un autre côté, il faut dire que la disposition des transmissions est

assez compliquée, les vis d'une longueur démesurée doivent donner lieu à un travail passif considérable; la partie immergée de la plate-forme est très-étendue et nécessite une construction sous-marine plus importante qu'avec le système longitudinal. Enfin, avec des dépôts de vase comme ceux de la Gironde, le système à glissement ne doit pas être sans inconvénients.

Il y a, dans la section autrichienne, un plan incliné longitudinal ordinaire où la traction s'opère par des cabestans : ce modèle ne présente rien de particulier.

QUATRIÈME GROUPE.

Docks flottants, etc. Je comprendrai dans cette classe un grand nombre d'appareils différents les uns des autres, mais dont le caractère commun est d'opérer le soulèvement vertical du navire par l'action d'une force directement opposée à la gravité, quelle que soit d'ailleurs la nature de cette force.

Supposons une plate-forme en charpente ou en fer sur laquelle on amène le navire, la plate-forme est ensuite soulevée verticalement jusqu'au niveau de l'eau et le navire est mis à sec; c'est en quelque sorte un plan incliné dont la pente arriverait à la limite verticale.

Docks a presse hydraulique. On a établi dès 1827, aux États-Unis, un appareil analogue manœuvré par des vis : on en a construit également dans lesquels le soulèvement s'opérait au moyen de presses hydrauliques horizontales agissant sur des chaînes passant sur des poulies.

On trouve dans l'exposition des États-Unis un modèle d'un système analogue, combiné avec un plan incliné pour remplacer une écluse de canal : la presse hydraulique produit l'élévation verticale de la plate-forme qui porte le bateau et la traction de celui-ci sur le plan incliné pour le déplacement horizontal.

Dock Clarke. La presse hydraulique a été employée depuis avec un mode d'action plus direct par M. Edwin Clarke; son dock hydraulique, dont un modèle figure à l'Exposition, est fort connu, il est bon néanmoins de s'y arrêter (Pl. 93, fig. 9).

L'appareil se compose de deux rangs de colonnes en fonte fixées au fond de l'eau ; ces colonnes au nombre de seize de chaque bord sont espacées de $6^m,25$ d'axe en axe, les deux rangs étant eux-mêmes écartés de 19 mètres environ. Chaque colonne contient un cylindre de presse hydraulique dont le piston s'attèle par des tiges pendantes à une plate-forme en fer. Le refoulement de l'eau opéré dans les cylindres des presses produit l'élévation de la plate-forme et celle du navire ; l'appareil

peut servir pour un navire de quatre-vingt-dix mètres de longueur et d'une largeur de dix-huit mètres hors tambours; la durée de l'élévation proprement dite ne dépasse guère un quart d'heure.

L'appareil Clarke est ingénieux, mais son mérite principal, que partagent d'ailleurs plusieurs de ceux dont je parlerai plus loin, consiste en ce qu'en faisant reposer le navire non plus directement sur la plate-forme mais sur un ponton convenablement disposé, on peut une fois le navire et le ponton amenés à flotter, les sortir de l'appareil et utiliser immédiatement celui-ci pour recevoir d'autres navires. Les pontons dont on peut d'ailleurs avoir un certain nombre sont munis d'ouvertures fermées à volonté pour les remplir d'eau lorsqu'on veut les échouer ou les vider lorsqu'ils se relèvent avec le navire.

On pourrait également combiner le dock Clarke avec des cales de halage horizontales comme cela se fait avec certains doks flottants.

L'appareil Clarke, qui a parfaitement réussi, du reste, présente quelques inconvénients qu'il est juste de signaler. Avec cet appareil, il faut des manœuvres assez délicates et assez longues pour les pontons; il est difficile d'épontiller le navire par les côtés, et, par suite, il faut le soutenir par les fonds au moment où il arrive à fleur d'eau; c'est une cause de fatigue et de danger; enfin il partage avec les cales sèches et les cales de halage l'inconvénient, dont la gravité est peut-être plus apparente que réelle d'être établi invariablement dans un endroit déterminé.

L'Exposition nous présente dans la section italienne un dock dans lequel l'élévation de la plate-forme a lieu par l'action de deux caisses en métal qu'on remplit d'eau et qui agissent sur des chaînes passant sur des poulies. La plate-forme est comprise entre deux murailles en maçonnerie.

Ce n'est qu'un projet exposé par M. Loreto à *l'Isola di Sora* et d'une possibilité très-discutable.

On se sert généralement, pour produire le soulèvement des plate-formes, de la pression hydrostatique, c'est-à-dire de la force d'émersion de flotteurs qu'on remplit ou épuise à volonté.

Chameaux. Il y a déjà fort longtemps qu'on emploie, notamment en Hollande, pour faire passer des bas-fonds à des navires d'un tirant d'eau trop fort, des flotteurs latéraux connus sous le nom de chameaux. Un modèle de cette disposition figure dans l'exposition des Pays-Bas : c'est, en définitive, le principe du dock flottant.

On aurait, paraît-il, construit en Angleterre, dès 1785, un véritable dock flottant en bois à portes, et, dès 1809, un dock flottant en fer.

On a fait de ces appareils formés d'une plate-forme creuse recevant le navire et le soutenant par son déplacement, comme le ponton du dock Clarke. Le flotteur était guidé par des colonnes ou charpentes fixes ou relié au fond par des pièces articulées, afin de lui donner de la sta-

bilité. L'épuisement se faisait par des pompes ou par un refoulement d'air. Les docks manquaient de stabilité et l'un d'eux, établi au Callao, a donné lieu à un accident désastreux.

Docks flottants américains. Les Américains ont, sous le nom de sectional-dock et de balance-dock, établi un grand nombre de docks flottants. La faveur de ces appareils aux États-Unis s'explique par la difficulté qu'y présente la construction des formes sèches et par le bas prix du bois qui a été la matière principale de ces constructions (Voir *Stuart naval dry docks of the United States*). Il y a deux types bien distincts de docks flottants : le dock ordinaire et le dock à porte.

Le dock ordinaire se compose d'une plate-forme creuse et de caissons latéraux. La plate-forme creuse a pour effet de porter le navire par son déplacement, lorsqu'elle est en partie émergée ; les caissons latéraux ont pour effet de donner de la stabilité à l'appareil et de régler l'immersion. Le système est divisé en plusieurs parties dans le sens de la longueur, d'où le nom de sectional-dock.

L'épuisement de l'eau se fait par une machine établie sur la partie supérieure.

Les caissons et la plate-forme creuse sont d'ailleurs divisés en un grand nombre de compartiments étanches, tant pour prévenir les accidents que pour permettre d'établir l'équilibre et de s'opposer à la flexion par l'introduction d'eau dans quelques-uns si c'est nécessaire.

L'emploi du dock flottant se combine d'ailleurs à volonté, comme dans l'appareil Clarke, avec celui de pontons ou de cales horizontales, de manière que le dock ne joue que le rôle d'appareil élévatoire et puisse servir à cet effet sans perte de temps.

Le dock flottant proprement dit offre divers avantages. Il est absolument indépendant de position en lui-même, puisqu'il peut être non-seulement changé de place dans un port, mais encore, avec certaines précautions, déplacé d'un port à un autre ; il ne nécessite, comparativement aux cales sèches, que l'épuisement d'un bien moindre volume d'eau et surtout d'un volume d'eau proportionnel au déplacement du navire. Il peut être fait absolument étanche ; enfin sa construction est généralement plus économique, plus rapide et surtout plus sûre. Il présente en outre l'avantage de pouvoir être fractionné et allongé pour répondre à des besoins ultérieurs, ce qui serait difficile avec une forme sèche.

Randolph et Elder. Nous trouvons à l'Exposition, dans la section anglaise, divers modèles de docks flottants :

1° Un dock construit pour les Bermudes par MM. Randolph et Elder, de Glascow. C'est un dock destiné à être remorqué ; aussi, au lieu d'avoir une section constante, est-il terminé par des façons à l'avant et à l'arrière (Pl. 93, fig. 10).

Les dimensions de ce dock sont :

Longueur..................	432 pieds	131m,63
Largeur...................	110 —	33m,53
Profondeur................	53 —	16m,15

Il peut recevoir des navires de 10,000 tonneaux de déplacement et de 9 mètres de tirant d'eau, c'est-à-dire les plus forts bâtiments cuirassés.

Il suffit de une heure et demie pour l'opération.

Dock de Saigon. 2° Les mêmes constructeurs ont fourni au gouvernement français, pour Saïgon, un dock flottant ouvert, à section constante en U, des dimensions suivantes :

Longueur................	300 pieds	91m,43
Largeur.................	94 —	28m,65
Profondeur..............	42 —	12m,80

Il peut recevoir des navires déplaçant 4,800 tonneaux et tirant 8 mètres. Le poids de l'appareil est de 2,800 tonnes.

Rennie. 3° MM. J- et G. Rennie exposent le modèle d'un dock flottant destiné à être remorqué et terminé par conséquent par des façons; il est muni en outre aux extrémités supérieures de parties additionnelles qui lui permettent de naviguer et qu'on enlève lorsqu'on le rend à sa destination naturelle.

Les dimensions de ce dock sont :

Longueur................	400 pieds	121m,97
Largeur extérieure.........	120 —	36m,57
Largeur intérieure..........	90 —	27m,43

Déplacement du flottant inférieur : 18,500 mètres cubes.

Le dock peut élever un navire déplaçant 10,000 tonneaux et tirant 8 mètres. Il doit être combiné avec des cales à traction.

Dock de Carthagène. 4° MM. Rennie exposent encore le modèle du dock qu'ils ont fourni au gouvernement espagnol pour l'arsenal de Carthagène. Voici les dimensions de ce dock et d'un autre construit en ce moment par la même maison pour le Ferrol (Pl. 93, fig. 11) :

	Carthagène.		*Ferrol.*	
Longueur....................	320 pieds,	97m,52	350 pieds,	106m,67
Largeur.....................	105 —	32	105 —	32
Profondeur intérieure...........	36,6	11 ,15	37,6	11 ,45
Largeur intérieure.............	79	24 ,07	79	24 ,07
Poids avec les machines.........	4,500 tonnes.		5,000 tonnes.	
Déplacement du flotteur inférieur..	11,500 —		13,125 —	
Poids maximum du navire.......	6,600 —		8,000 —	

Le dock de Carthagène a été essayé au mois de juin 1866; immergé à 11 mètres, il a été mis à sec en moins de trois heures pour une frégate cuirassée.

Il est d'ailleurs combiné avec trois cales horizontales de 726 pieds (221 mètres) de longueur, capables chacune de recevoir deux navires de grande dimension.

Avec ces dispositions et de pareils moyens d'action, rien ne serait si facile que de réaliser la proposition dont j'ai parlé au commencement de cette note, pour le remisage en quelque sorte des bâtiments de guerre désarmés.

On voit encore dans l'Exposition des Pays-Bas le modèle d'un dock en fer semblable au précédent et destiné à un port des colonies néerlandaises.

Dock a portes. Il y a un autre type de dock flottant dont on ne voit aucun spécimen à l'Exposition, c'est le dock à portes, peu employé aujourd'hui. Cet appareil se compose d'une capacité intérieure destinée à recevoir le navire et d'une double paroi sous le fond et sur les côtés : à une extrémité, il y a une paroi transversale et à l'autre des portes à battant ou un bateau-porte; quelquefois, il y a des portes aux deux extrémités. Dans ce système, on dispose pour l'immersion et pour la flottaison, non-seulement du volume des caissons, mais encore du volume déplacé par l'appareil. Je suppose le dock immergé par une introduction d'eau convenable dans les flotteurs et les portes ouvertes, on introduit le navire sur les tins préparés d'avance et on le fixe à la manière ordinaire; on ferme les portes, le niveau est évidemment le même au dedans et au dehors; on commence à épuiser l'eau contenue dans la double enveloppe, le dock s'émerge et l'eau renfermée dans l'enceinte s'écoule en partie naturellement par les vannes, le reste est épuisé; on voit qu'une fois l'enceinte vide, le dock flottera, en vertu de son déplacement, comme un navire. Le principal avantage de cette disposition consiste dans la moindre épaisseur qu'on peut donner au fond et par conséquent au moindre tirant d'eau de l'appareil pour un navire de tirant d'eau donné. Ce système a contre lui l'emploi des portes qui nécessitent des manœuvres et de l'entretien. Il a été employé pour un certain nombre de docks en bois construits, il y a plus de vingt ans, dans divers ports, entre autres, au Havre et à Marseille; ces docks, qui font encore un bon service, ont 60 mètres de longueur sur 18 de large et 7 mètres de profondeur; ils ont coûté chacun, y compris les machines, environ 375,000 fr.

Projet Delacour. Un dock flottant en fer de ce système avait été projeté pour Bordeaux par le regrettable M. Delacour, ingénieur de la marine et des Messageries Impériales; il devait recevoir les paquebots de la

ligne du Brésil, qui ont 90 mètres de longueur, 19m,25 de largeur hors tambour, et qui déplacent 2500 tonnes au tirant d'eau de 4m,40.

Le dock devait avoir les dimensions suivantes :

Longueur.	100 mètres.
Largeur	24 »
Hauteur.	10 »
Poids avec les machines	400 tonnes.

Il n'a pas été exécuté, et on semble avoir généralement renoncé à ce genre de construction, probablement parce qu'il exige plus de manœuvres et ne se prête pas aussi facilement que les docks ouverts à l'emploi de pontons ou de cales accessoires.

CINQUIÈME GROUPE.

Appareils mobiles et scaphandres. — Je ne dirai qu'un mot de quelques appareils dont le but est, non plus de mettre à sec les navires, mais seulement de permettre d'aborder les parties immergées.

On a depuis longtemps proposé, pour visiter les hélices, des caisses en charpente assorties, autant que possible, aux façons, et que la pression de l'eau collait au navire lorsqu'on faisait l'épuisement après avoir rendu le contact aussi étanche que possible.

On trouve dans la section française, exposé par M. Bertora, un modèle d'un appareil de ce genre, formé de parties articulées lui permettant de se placer suivant des contours variables.

Scaphandres. Le scaphandre constitue aujourd'hui un engin extrêmement précieux pour les visites sous-marines ; il est réglementaire à bord des bâtiments à hélice de la flotte, et ne saurait être passé sous silence dans une note de cette nature.

L'Exposition nous en présente plusieurs spécimens : l'ancien scaphandre de M. Cabirol, les appareils plus récents de MM. Rouquaylor et Denayrouze, accueillis avec tant de faveur, enfin l'appareil Galibert, qui, pour n'être pas un scaphandre, n'enconstitue pas moins un appareil de plongeur. Ces engins sont beaucoup trop connus pour que je fasse autre chose que les mentionner. Je dirai seulement que M. Denayrouze a démontré que le scaphandre pouvait être parfaitement employé à effectuer, dans d'excellentes conditions d'économie et de célérité, le nettoyage des carènes en fer ; c'est une immense ressource pour la navigation dans les mers tropicales, où les incrustations se développent si rapidement au point d'affecter considérablement la marche des navires, et où les passages au bassin sont toujours coûteux et difficiles.

En résumé, on peut dire qu'en France et en Angleterre, la forme sèche

en maçonnerie continuera encore longtemps à être le système préféré et, pour ainsi dire, classique dans les ports militaires et les arsenaux; que pour les grands ports de commerce et pour les arsenaux dans lesquels des difficultés s'opposent à la construction économique de ces formes, on adopte les docks flottants ouverts combinés avec l'emploi des pontons ou cales de traction horizontale, permettant de recevoir à la fois plusieurs navires. Quant au dock flottant à portes, il pourrait présenter quelques avantages dans un port où les besoins seraient très-restreints et dans des dimensions modérées; mais il est probable que, même dans ce cas, il serait préférable d'établir une cale de halage qui peut être faite très-économiquement.

NOTE I.

Comme spécimen des constructions américaines, je crois devoir donner ici, d'après l'ouvrage déjà cité de Stuart, la description du dock flottant de Philadelphie, du système dit *sectional floating dry dock*.

Ce dock, construit en 1851, d'après le système patenté de MM. Dakin, Moddy, Burgess et Dodge, se compose de neuf sections, dont six ont 105 pieds (32 mètres) de longueur intérieure, 148 pieds (45 mètres) de longueur hors œuvre, 32 pieds (9^m,74) de large et 11 pieds 1/2 (3^m,50) de hauteur, et les trois autres les mêmes longueur et hauteur, mais deux pieds de moins en largeur, c'est-à-dire 30 pieds (9^m,14).

Le déplacement total des neuf sections est de 10,037 tonneaux; le poids de l'appareil étant de 4,145 tonneaux, il en résulte que la puissance de soulèvement atteint 5,892 tonneaux.

Les sections construites en bois d'une manière extrêmement solide, sont placées bout à bout et reliées ensemble par des pièces d'assemblage en charpente.

Les pompes sont mues par quatre machines à vapeur, deux de 20 chevaux et deux de 12, placées deux à deux de chaque côté du dock de manière que les deux machines de 20 chevaux épuisent six des sections, et les deux de 12 les autres sections.

Le dock est mis à volonté en relation avec un bassin ou forme construit en granit de 350 pieds (106^m,70) de longueur, 226 pieds (68^m,90) de largeur, et d'une profondeur suffisante pour que le dock puisse y flotter avec la plus forte charge qu'il est susceptible de recevoir; cette profondeur est de 11 pieds (3^m,35) environ.

A l'extrémité du bassin sont deux cales horizontales chacune de 350 pieds (106^m,70) de longueur et 26 pieds (7^m,92) de largeur, formées de

trois voies longitudinales établies sur fondations en pierre. La voie centrale porte la quille du navire, les voies latérales les fonds ; sur les semelles en bois glisse un berceau ayant la même longueur que les cales.

La manœuvre se fait comme suit :

Les sections qui forment le dock étant bien reliées ensemble, sont immergées de manière à recevoir le navire ; dès que celui-ci est en place, on met les pompes en action, le dock se relève ; dès qu'il arrive en contact avec le navire, on accore celui-ci de façon à l'assujettir convenablement. On pompe de nouveau jusqu'à ce que la quille soit arrivée à deux ou trois pieds au-dessus de l'eau. Si le travail à effectuer n'exige que peu de temps, on laisse le navire sur le dock, sans employer les autres parties de l'appareil. Mais si l'on doit opérer des réparations qui demandent plus de temps, on met le navire sur une des cales. Pour cela on amène le dock dans le bassin et on le met en contact avec une des deux cales, on introduit de l'eau dans le dock et on l'échoue sur le fond du bassin ; puis on met sur le plancher du dock des semelles en bois en prolongement de celles des cales, on amène le berceau sous le navire et on substitue aux accores, qui fixaient le navire au dock, de nouvelles liaisons qui l'appuient sur le berceau.

On fait alors entrer en action un nouvel engin pour tirer le navire hors du dock et l'amener sur la cale ; c'est une presse hydraulique dont le piston a 15 pouces ($0^m,381$) de diamètre et 8 pieds ($2^m,436$) de course, capable d'exercer un effort de 800 tonnes.

Sur le cylindre de la presse sont deux machines à vapeur verticales à action directe, dont les pistons ont 16 pouces ($0^m,406$) de diamètre et autant de course, conjuguées à angle droit sur le même arbre ; cet arbre porte quatre excentriques qui font mouvoir autant de pompes d'injection dont les plongeurs ont 1 pouce 1/2 ($0^m,038$) de diamètre et 6 pouces ($0^m,152$) de course. Les pompes puisent l'eau dans une bache portée également par la presse et servant de socle aux machines.

A 12 ou 15 pieds du cylindre de la presse est la chaudière portée par une plaque de fondation en fonte et reliée avec le reste du mécanisme par deux forts tirants. C'est une chaudière ordinaire de locomotive contenant 85 tubes de 2 pouces ($0^m,051$) de diamètre et 9 pieds ($2^m,74$) de longueur.

Le mécanisme dont je viens de parler repose sur le sol ; la traverse du piston de la presse est reliée par deux tiges en fer au berceau qui porte le navire. La semelle centrale de la cale est percée de huit pieds en huit pieds ($2^m,44$) de mortaises horizontales correspondant avec des mortaises semblables pratiquées dans la pièce en fonte qui porte la presse et ses accessoires ; la liaison est opérée à volonté au moyen de clés de 24 pouces ($0^m,61$) de largeur sur 6 pouces ($0^m,152$) d'épaisseur, passés dans ces mortaises.

Cela posé, le piston de la presse étant attelé au berceau, on met les machines en mouvement, et sous la pression de l'eau, le piston s'avance avec le berceau et le navire. Quand celui-ci a parcouru 8 pieds (2^m,44), c'est-à-dire quand le piston est à fin de course, on enlève les clés dont j'ai parlé, et, au moyen d'une vis, attachée à la tête du berceau et mue par la machine, on fait mouvoir tout l'ensemble de la presse des machines et chaudières précisément de 8 pieds, tandis que l'eau contenue dans le cylindre hydraulique retourne à la bâche. On remet en place les clés et on refoule de nouveau l'eau pour faire avancer le navire de 8 pieds et ainsi de suite. Toutes ces manœuvres, un peu longues à décrire, se font très-rapidement et sans qu'il soit nécessaire d'arrêter la machine motrice.

Lorsqu'il s'agit de faire l'opération inverse, c'est-à-dire de ramener le navire dans le dock, on amène tout le système de la presse à l'extrémité de la cale et on le retourne bout pour bout au moyen d'une sorte de plaque tournante ; la tête du piston est alors appliquée directement au berceau, et le navire est ramené sur le dock, ce qui se fait exactement comme pour l'opération déjà décrite.

L'appareil fut essayé pour la première fois par la mise à sec du bateau à vapeur *le Pittsburg* ; on se servit seulement de six sections. Le *Pittsburg* pesait environ 2,800 tonnes sans compter le poids du berceau, des tins, accores, etc. L'effort nécessaire pour entraîner cette charge sur un chemin de niveau, les surfaces étant bien graissées, fut de 250 tonnes, au départ, puis seulement de 150 tonnes après la mise en mouvement; l'espace parcouru fut de 260 pieds en six heures, ce qui correspond en moyenne à 13^m,20 à l'heure.

Tout l'appareil fonctionna de la manière la plus satisfaisante et les diverses opérations exigèrent moins de temps qu'on ne s'y attendait.

On fait observer à ce sujet que l'appareil de Philadelphie est susceptible de contenir plus de navires que les formes réunies de New-York, Boston et Norfolk, puisque celles-ci ne pourraient recevoir en tout que trois navires, tandis que dans le cas actuel, on mettrait sur les cales deux des plus grands vapeurs de guerre, tandis que le dock lui-même recevrait deux frégates, ou même un vaisseau de ligne et une frégate.

On ajoute enfin qu'un sérieux avantage du système décrit ci-dessus, consiste en ce que le navire à réparer ou à visiter est en plein exposé à l'air et à la lumière, au lieu d'être pour ainsi dire enterré dans une forme en maçonnerie ; le travail s'exécute ainsi plus facilement et avec beaucoup plus de rapidité.

L'appareil complet a coûté en nombre rond 800,000 dollars, soit 4 millions de francs dont 2,350,000 pour le dock et 1,650,000 pour le bassin et les cales.

NOTE II.

Voici également, d'après l'*Artizan*, quelques détails sur un dock flottant construit par M. William, H. Webb, le célèbre constructeur américain, pour la *New-York balance dock Company* (Pl. 93, fig. 12).

Ce dock a 325 pieds (99 mètres) de long sur 99 pieds (30 mètres) de large et 38 pieds 1/2 (11^m,72) de hauteur. Le fond est formé de deux épaisseurs de bordages transversaux en pin blanc (white pine) fortement reliés ensemble; sur ce fond reposent de solides fermes en charpente de 10 pieds (3^m,05) de hauteur, également espacées et allant d'un bord à l'autre.

Les côtés formés de madriers de pin résineux (picht pine) reliés par leur extrémité inférieure au fond du dock de la manière la plus solide, s'étendent jusqu'au pont supérieur du dock : ils sont soutenus par les membrures verticales et par des liaisons obliques en pin résineux.

De chaque côté du dock, à environ 6 pieds (1^m,83) des parois latérales, règnent de fortes carlingues longitudinales formées de semelles en haut et en bas, reliées par des pièces diagonales en fer; l'ensemble de ces carlingues étant solidement attaché avec les membrures transversales, le fond et le plancher supérieur.

Les carlingues et les liaisons obliques reçoivent une bordée de manière à constituer des caissons étanches sur toute la longueur du dock et de chaque côté. Ces caissons sont d'ailleurs par des cloisons transversales subdivisés en compartiments, qu'on peut mettre à volonté en communication entre eux et avec les pompes qui sont placées de chaque bord et vers le milieu de l'appareil.

Les pompes sont mues par deux machines horizontales d'une force collective de 300 chevaux, recevant la vapeur de deux chaudières de locomotive, le tout placé sur le pont supérieur. Il y a douze pompes dont les pistons ont 30 pouces (0^m,762) de diamètre et 3 pieds (0^m,914) de course marchant à un nombre de tours qui n'est que le tiers de celui des machines. Celles-ci, fonctionnant dans les circonstances ordinaires à 45 tours par minute, peuvent épuiser à l'heure environ 3,500,000 gallons d'eau, soit 15,900 mètres cubes.

La manœuvre du dock est fort simple : on l'immerge à la profondeur voulue en laissant entrer l'eau par des ouvertures pratiquées aux côtés et aux extrémités près du fond ; le navire ou les navires (car le dock peut recevoir à la fois plus d'un bâtiment de dimension ordinaire) sont amenés dans l'appareil, on ferme les orifices d'entrée de l'eau et on met les pompes en action.

Le dock se relève et l'eau s'écoule de l'intérieur par les extrémités qui sont ouvertes et n'ont pas besoin d'être munies de portes puisque les cais-

sons donnent par eux-mêmes assez de force de flottaison (buoyancy) pour élever les plus grands navires à vapeur avec leur charbon, cargaison, armement, etc., de même que les plus forts navires de guerre complétement armés et chargés en 90 à 100 minutes.

Ce dock a été construit en 1854.

EXTRAIT *d'un décret autorisant l'établissement et l'exploitation de cales de construction et gril de carénage à établir par la ville de Cherbourg.*

Les travaux seront terminés dans un délai de six mois.

L'usage du gril sera livré au public à des conditions égales pour tous, moyennant un tarif de :

0f,10 par tonneau de jauge, et par jour de la semaine.
0f,20 par tonneau de jauge et par dimanche et jour férié.
Le tonnage des navires sera fixé d'après la jauge officielle.
Les navires à vapeur paieront pour leur jauge réelle.

La concession des droits est faite pendant une période de cinquante ans.

Si l'administration jugeait utile de supprimer le gril de carénage, il devrait être enlevé à la première réquisition sans indemnité et aux frais de la ville concessionnaire.

A l'expiration de la concession, le gril deviendra la propriété de l'État, il sera remis préalablement en parfait état d'entretien.

L'administration se réserve le droit d'établir ou d'autoriser l'établissement d'autres grils de carénage avec ou sans droits de péage, sans que le concessionnaire puisse réclamer aucune indemnité.

Dans le cas où l'exploitation du gril de carénage se trouverait gênée, ou même complétement entravée par le fait de l'administration, et par suite des réparations que l'État aurait à faire exécuter, le concessionnaire ne pourrait réclamer aucune indemnité.

Les contestations qui s'élèveraient entre l'administration et le concessionnaire seront jugées administrativement.

DÉCRET IMPÉRIAL (contre-signé par le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics) portant :

Etablissement d'un bassin de carénage sur la rive gauche de la Loire, à Paimbœuf.

Art. 1er. Il sera construit sur la rive gauche de la Loire, à Paimbœuf, un bassin de carénage, conformément aux dispositions générales du projet dressé par les ingénieurs, les 20 février et 22 mars 1858, et évalué à la somme de 180,000 francs, et sous la réserve des modifications de détail indiquées dans la délibération du conseil général des ponts et chaussées, du 28 novembre 1859.

Le projet et la délibération resteront annexés au présent décret.

2. La dépense sera supportée par la ville de Paimbœuf jusqu'à concurrence de 100,000 francs. Le surplus est mis à la charge de l'État, et sera imputé sur le chapitre XXXIX de la IIe section du budget (*Ports maritimes*).

3. Pour indemniser la ville de ses dépenses, il lui est fait concession de l'exploitation du bassin de carénage, jusqu'à recouvrement complet de la somme de 100,000 francs avancée par elle et des intérêts à 5 p. 100 de ladite somme.

La ville est autorisée à rétrocéder cette concession soit de gré à gré, soit par adjudication, sous la condition de la stricte exécution des dispositions insérées dans le présent décret, et sauf l'approbation du ministre secrétaire d'État au département de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

4. La ville de Paimbœuf est autorisée à percevoir les taxes suivantes sur les navires qui feront usage de son bassin, savoir :

NAVIRES A VOILES.

Pour faire entrer un navire dans la forme et l'y mettre à-sec, y compris les frais de tins, coussins, arcs-boutants et accores pour le maintenir, par tonneau de jauge et par jour................	fr. 0 75
Pour faire sortir un navire de la forme, y compris toutes les fournitures et dépenses nécessaires pour cette opération, par tonneau de jauge et par jour................	
Pour chaque jour de séjour, y compris la fourniture des chevalets nécessaires pour les réparations :	
Si le navire reste dix jours au plus, y compris ceux d'entrée et de sortie, par tonneau................	0 40
Si le navire reste trente jours au plus, y compris ceux d'entrée et de sortie, par tonneau................	0 30
S'il reste plus de trente jours................	0 20

Dans aucun cas, les droits de séjour ne seront cumulés avec ceux d'entrée et de sortie.

Si, par l'application du tarif précédent, on obtient pour un nombre de jours compris entre dix et trente, un chiffre inférieur à celui qui serait dû pour dix jours, on appliquera ce dernier prix ; de même, si pour un séjour dépassant trente jours, on obtenait un chiffre moindre que celui qui serait dû pour un séjour de trente jours, on appliquera ce dernier chiffre.

NAVIRES A VAPEUR.

Les navires à vapeur payeront pour leur jauge réelle, qui sera calculée sur la jauge officielle augmentée des deux tiers.

NAVIRES ÉTRANGERS.

Le perception sur les navires étrangers se fera d'après leur jauge légale ; mais on leur appliquera des tarifs différentiels calculés de façon à couvrir les concessionnaires de la différence qui existerait entre la jauge légale pour chaque pays et la jauge réelle.

PRIX APPLICABLES A TOUS LES NAVIRES.

Pompes à incendie pour les navires qui chauffent dans le bassin, par jour et par côté de navire, gardien compris	6 00
Chauffage du brai, y compris les ustensiles nécessaires pour ce chauffage, par jour :	
Pour un navire jusqu'à deux cents tonneaux de jauge	6 00
De deux cents à trois cents tonneaux	7 00
Au-dessus de trois cents tonneaux	8 00

5. L'entrée et la sortie des navires ne pourront se faire au prix ci-dessus indiqué que pendant le jour, c'est-à-dire, du 1er mai au 1er septembre, de cinq heures du matin à sept heures du soir, et, pour le reste de l'année, depuis le lever jusqu'au coucher du soleil.

Dans le cas où un navire voudrait entrer dans le bassin ou en sortir en dehors de ces heures, le prix d'entrée ou de sortie sera débattu à l'amiable, et le jour qui suit l'entrée ou qui précède la sortie sera considéré et payé comme jour de séjour.

6. Lorsque le bassin sera vide, le concessionnaire ne pourra jamais refuser de recevoir un navire en danger, nonobstant ce qui est dit à l'article 11.

7. Les prix d'entrée, de séjour et de sortie spécifiés ci-dessus, ne sont établis que pour des navires jaugeant plus de cent tonneaux.

Pour les navires moindres, ces prix seront débattus à l'amiable.

Dans ce cas, il pourra en être admis deux dans le bassin.

8. Les prix portés au tarif ci-desus ne seront applicables qu'aux navires léges ou avec lest ne dépassant pas quinze tonneaux pour cent tonneaux de jauge.

Chaque tonneau de lest, ainsi que toute autre marchandise en sus de ce poids, payera dix centimes par jour, y compris ceux d'entrée et de sortie.

9. Les dimanches et fêtes reconnues ne seront pas payés s'il n'est pas travaillé au navire qui se trouve dans le bassin.

Il en sera de même pour les autres jours où, par suite de force majeure, il y aurait impossibilité à travailler dans le bassin.

10. Le tarif qui précède pourra être révisé tous les cinq ans, en suivant les formalités qui ont précédé son adoption.

Dans le cas où le concessionnaire jugerait convenable d'abaisser les taxes qu'il est autorisé à percevoir, les taxes abaissées ne pourront être relevées qu'après un délai de trois mois au moins, qui commencera à dater de l'avis donné officiellement et par écrit à la chambre de commerce de Nantes.

11. Il sera ouvert dans les bureaux du concessionnaire un registre sur lequel les navires seront inscrits dans l'ordre et à la date de leur demande d'admission. Ils seront admis dans le bassin suivant cet ordre, sauf le cas prévu par l'article 6. Néanmoins, les différents services de l'État auront la propriété sur les autres demandes tout en se conformant aux dispositions du tarif en vigueur.

Ce registre devra être représenté, à la première réquisition, à toute personne intéressée à en obtenir communication, sous peine de tous dommages et intérêts.

12. Pendant toute la durée de sa concession, la ville de Paimbœuf entretiendra le bassin de carénage et toutes ses dépendances en bon état, et devra faire en sorte que l'établissement soit muni des machines, engins, ustensiles, apparaux et objets mobiliers nécessaires pour une bonne exploitation.

13. A l'expiration de la concession, c'est-à-dire après amortissement complet des 100,000 francs, capital et intérêts, avancés par la ville, amortissement qui sera constaté par une comptabilité régulière soumise au contrôle de l'administration, la forme de carénage fera retour à l'État, lequel continuera la perception aux mêmes conditions jusqu'au complet remboursement de ses dépenses, en capital et intérêts.

14. Les contestations qui pourraient s'élever entre la ville de Paimbœuf et l'administration au sujet de l'exécution et de l'interprétation des dispositions qui précèdent seront jugées administrativement par le conseil de préfecture de la Loire-Inférieure sauf recours au conseil d'État. (*Paris, 4 avril* 1860.)

NOTE

SUR LES

TRAVAUX DE DRAGUAGE DE LA SPEZZIA.

PAR **M. MALLET.**

Le port de la Spezzia est destiné à être le principal arsenal maritime de l'Italie. Sa position au fond d'un vaste golfe abrité des vents d'Ouest et du Nord par une ceinture de montagnes assez élevées et à pente très-rapide en fait un port naturel d'une sûreté parfaite, de même que le peu de largeur de l'entrée encore retrécie par une île empêche l'agitation de la mer de s'y faire sentir et le met à l'abri d'une attaque du côté du large.

Ces avantages avaient frappé Napoléon I[er] qui voulait faire de la Spezzia le premier port militaire de l'empire : il avait décrété l'établissement d'un arsenal, et quelques travaux de fortification avaient été commencés lorsque les événements politiques empêchèrent la mise à exécution de ce vaste plan. La Sardaigne reprit cette idée, mais diverses circonstances et probablement entre autres la trop grande proximité du golfe des frontières d'alors du royaume, retardèrent toujours la mise en œuvre sérieuse du projet. Actuellement ces raisons n'existent plus, aussi depuis trois ans les travaux sont-ils menés avec une grande activité sous la direction d'un officier du génie distingué M. le colonel Chiodo (aujourd'hui major-général).

Si on laisse de côté les établissements à peu près terminés de Varignano qui comprennent un bagne, un lazaret, des forts et autres constructions militaires, et le chantier naval de San Bartolomeo en construction, les travaux actuellement en cours du port de la Spezzia proprement dit comprennent les remblais de l'extrémité du golfe où devront être édifiées les constructions de l'arsenal, le creusement d'une darse et des bassins de radoub, et enfin l'approfondissement du port. Quelque désir que j'aie de donner quelques détails sur l'ensemble de ces travaux remarquables par la bonne organisation des chantiers où se rencontrent les installations les plus perfectionnées comme appareils d'épuisement, de transport, etc., je me bornerai à parler ici des travaux d'approfondissement du port. Cette partie présente en effet un très-grand intérêt pour

les personnes qui s'occupent de draguage tant par la bonne disposition du matériel que par l'importance du travail qui s'exécute; c'est certainement avec le curage de la rade de Toulon, exécuté il y a quelques années, le plus grand ensemble de travaux de ce genre, si l'on en excepte bien entendu les draguages en cours d'eau limité naturel ou artificiel, comme ceux de la Clyde ou du canal de Suez.

Dans le golfe de la Spezzia, la nature du sol est assez variable; toutefois la vase domine et c'est dans ce genre de terrain que travaillent actuellement les dragues : c'est une vase molle, facile à enlever, et sortant bien des godets.

L'entreprise des travaux de draguage a été adjugée à MM. Furness et C[e]; leur ingénieur résident est M. Saunders : c'est à cet ingénieur que l'on doit en grande partie l'excellente organisation du travail et de très-intéressants perfectionnements de détail que je ne manquerai pas de signaler.

Le matériel de draguage appartient au gouvernement. Il se compose de dragues, de porteurs à vapeur et de bateaux à vase ordinaires.

La plus grande partie de ce matériel a été fournie en exécution d'un marché passé le 19 décembre 1860 entre le gouvernement sarde et la société des Forges et Chantiers de la Méditerranée, comprenant la fourniture de six dragues et de douze porteurs à vapeur, moyennant le prix total de trois millions de francs.

Les dragues de la Spezzia sont au nombre de neuf, dont huit sur les lieux et une détachée à Messine pour les travaux du génie. Sur ces neuf dragues il y en a sept grandes et deux petites, les premières construites six par les Forges et Chantiers de la Méditerranée et une par M. Ansaldo à San Pier d'Arena. Les deux petites dragues ont été fournies l'une par M. Robertson, l'autre par l'établissement Zucchi de Gênes.

La drague de Messine peut draguer à une profondeur de seize mètres; les autres grandes dragues ne vont qu'à dix mètres, mais en rallongeant la chaîne par l'addition d'un godet on peut atteindre $10^{m}.50$.

Le matériel de transport se compose de quatorze porteurs à vapeur et à hélice dont douze seulement sont à la disposition de l'entreprise, les deux autres étant en réserve; les douze premiers ont été fournis par la société des Forges et Chantiers de la Méditerranée, les deux autres par M. Robertson de Gênes. Ces derniers n'ont pas encore travaillé; ils sont du reste semblables aux autres, sauf pour la longueur qui est de $0^{m}.50$ plus grande sans différence de capacité, et pour le système des machines qui sont horizontales et à fourreau du type Penn.

Il y a en outre douze bettes en fer de 90 mètres cubes de capacité, destinées à être remorquées par les porteurs à vapeur; ces bettes sont en réserve et ne doivent servir que dans des cas particuliers, de sorte qu'on peut admettre que le transport s'opère exclusivement par les porteurs à vapeur.

Les dragues sont toutes du même type : coque en tôle sans façons avec puisard au milieu, échelle centrale inclinée commandée par un arbre vertical ou très-peu incliné et des roues d'angle, machine à cylindre unique, horizontale ou à peu près, installée au fond de la coque et pouvant développer sur le piston un travail de 75 chevaux de 75 kilogrammètres; cette machine est à moyenne pression, détente variable et condensation. La chaudière formant contre-poids à la machine est cylindrique, non tubulaire, avec tube central contenant le foyer, retour de flamme extérieur et enveloppe en briques; ce type de chaudières est fort employé par la société des Forges et Chantiers qui en a installé deux semblables dans chacune des dragues qu'elle a fournies au canal de Suez. Ces chaudières ont en effet l'avantage de ne présenter que des surfaces abordables et faciles à nettoyer; leur poids considérable qui est la principale objection qu'on pourrait faire à leur emploi n'a aucun inconvénient dans le cas d'une drague.

Le treuil d'avancement est mu par un renvoi de mouvement de la machine et le treuil de relevage de l'échelle par une machine spéciale.

Les figures 1 et 2 (PL. 93) représentent la disposition générale de la drague Robertson dont les autres ne diffèrent que par quelques détails.

Voici pour compléter ces renseignements les dimensions principales des dragues construites aux Forges et Chantiers.

Longueur de la coque à la flottaison.	33m.60
Largeur hors membrures.	8
Hauteur.	3 .10
Tirant d'eau en charge.	1 .25
Longueur du puisard.	20
Largeur du puisard.	2
Profondeur maximum du draguage.	10
Capacité d'un godet.	330 litres
Nombre de godets passant par minute.	13
Cube théorique par heure.	257 m. c.
Nombre de godets de l'échelle.	28
Diamètre du piston.	0m.500
Course du piston.	0m.800
Nombre de tours de la machine par minute.	60
Pression absolue.	3 atm.
Distance verticale de l'axe du tambour supérieur à la flottaison.	7m.35
Espacement des godets d'axe en axe.	2 .10
Longueur des maillons.	1 .04
Diamètre de la roue d'angle de l'arbre du tambour supérieur.	3 .028
Nombre de dents de cette roue.	88

Alésage du moyeu de cette roue.	0m.250
Nombre de tours par minute.	6 .5
Travail de la drague en une heure de temps utile.	83 m. c.
Travail de la drague en une heure de temps total. .	66 m. c.
Rapport.	0 .78

Le rapport entre le cube théorique et le cube réel par heure de temps utile est de 0.32. Les soutes à charbon contiennent du combustible pour quarante-huit heures de chauffe. Le prix d'une drague semblable est de 180,000 francs.

Je vais donner également quelques dimensions principales de la drague Robertson (fig. 1 et 2, PL. 93) comme objet de comparaison avec les dragues précédentes.

Longueur de la coque au fond.	22m.30
Largeur de la coque au fond.	7
Hauteur.	2 .68
Tirant d'eau en charge.	1
Longueur du puisard.	10 .44
Largeur du puisard.	1 .88
Profondeur maximum du draguage.	5 .50
Capacité des godets.	200 litres
Nombre de godets par minute.	14
Nombre de godets de l'échelle.	24
Cube théorique par heure.	168 m. c.
Diamètre du piston.	0m.500
Course du piston.	0 .800
Nombre de tours de la machine par minute. . . .	50
Introduction maximum.	4/10
Introduction minimum.	1/10
Pression.	2 atm.
Distance verticale de l'axe du tambour supérieur à la flottaison.	6m.20

Cette drague n'ayant pas travaillé, on ne peut connaître le cube réel par heure; mais il est probable qu'il serait au cube théorique dans le même rapport que pour les dragues précédentes, soit le tiers environ, c'est-à-dire 56 mètres cubes par heure de travail effectif. Il est bien entendu d'ailleurs que ces chiffres de rendement ne s'appliquent qu'au terrain où les dragues travaillent actuellement, c'est-à-dire des vases molles.

L'écartement des membrures de la coque est de 0m.60, les couples sont alternativement doubles et simples; les premiers se composent d'une cornière de 70/60, pesant 8 kilog. par mètre avec une tôle varangue de 8 m/m d'épaisseur sur 250 de hauteur, et une cornière de 60/60 pesant

6 kilog., doublant la première jusqu'au pont. Dans les couples simples, la cornière de renfort s'arrête à 0.45 au-dessus de la varangue.

Le bordé est en tôle de 7 $^m/_m$ au-dessous de la flottaison, et de 6 $^m/_m$ au-dessus, bordage à clin avec un seul rang de rivets écartés de 20 $^m/_m$; les barrots sont en chêne de 200 sur 140; le bordé du pont, en bois de pin, de 160 sur 60; le plancher du fond a une épaisseur de 35 $^m/_m$.

L'échelle dragueuse a 18 mètres de longueur entre les axes des tambours; elle se compose de deux flasques en tôle formées d'une ames de 13 $^m/_m$ sur 150 de hauteur au milieu, avec deux cornières de 100 sur 100 entretoisées convenablement; l'écartement intérieur des ames est de 1^m.050.

On remarquera la suspension supérieure de l'échelle : celle-ci, au lieu d'être fixée d'une manière rigide à la charpente, est suspendue à deux bielles articulées qui lui permettent de reculer lorsqu'elle vient à éprouver une résistance exagérée; cette disposition, qui se rencontre également sur les grandes dragues, est excellente et évite bien des accidents.

Les soutes contiennent du charbon pour quarante-huit heures de chauffe. La drague, commandée en mai 1863, a coûté 90,000 francs.

Le matériel de draguage est excellent, les dragues sont robustes, les organes bien proportionnés, les surfaces de frottement bien réparties, les machines et chaudières font un bon service; il est juste, toutefois, de dire que l'entreprise a apporté dans le matériel qui lui était confié quelques modifications de détail qui, toutes modestes qu'elles puissent paraître, n'en ont pas moins exercé une heureuse influence sur le travail, en diminuant les arrêts et les réparations.

La plus importante des modifications est celle qui a été faite dans les articulations de la chaîne à godets, l'organe essentiel de ce genre d'appareils. Dans la plupart des dragues, les maillons étaient jusqu'ici réunis par des axes ou goujons, portant d'un côté une tête, de l'autre une rondelle et une goupille, et disposés de manière à tourner dans les maillons mâles comme dans les maillons femelles, en les usant tous les deux et en s'usant eux-mêmes sur toute leur longueur. Pour empêcher cet effet, M. Saunders, ingénieur de l'entreprise Furness, met une tête carrée à ses axes, et fait porter l'un des joints de cette tête contre un renflement venu de forge avec les maillons femelles (fig. 5, PL. 93); dès lors on n'a plus à craindre d'usure qu'au maillon mâle auquel seul on met alors une bague en acier, de même qu'on peut retourner le goujon d'articulation à mesure qu'il s'use sur une face.

On a fait dans la même intention des axes à tête triangulaire, c'est un perfectionnement qui dépasse le but.

Je ne veux pas dire que ce soit M. Saunders qui ait eu le premier l'idée d'empêcher les axes de tourner dans les deux systèmes de maillons; bien des ingénieurs, et je puis me mettre du nombre, ont eu la même idée et l'ont mise à exécution par des moyens plus ou moins commodes,

boulons à ergots, à corps carré, etc.; mais je crois que de tous ces moyens, celui que je viens de décrire est le plus simple et le plus efficace; il a, du reste, pour lui la sanction de l'expérience sur une grande échelle.

Les maillons ont $1^{m}.04$ de longueur de centre en centre, et $0^{m}.120$ de hauteur sur une épaisseur de 50 pour les mâles et de 25 pour les femelles; de plus, ces derniers sont, à cause de la grande longueur, entretoisés en deux points par des rivets de 25 $^{m}/_{m}$ de diamètre; les axes en fer cémentés ont 50 $^{m}/_{m}$ de diamètre.

Les bagues en acier avaient d'abord 3 à 4 $^{m}/_{m}$ d'épaisseur et duraient trois mois; on leur donne maintenant 13 $^{m}/_{m}$ d'épaisseur et on en obtient une durée d'un an; dans les terrains vaseux, il est vrai, avec du sable, la durée serait bien moindre.

L'attache des godets se fait sur les maillons mâles (fig. 5, PL. 93) par des cornières et de fortes équerres rivées; à mon avis, il serait préférable de la faire sur les maillons femelles. L'attache serait peut-être un peu plus compliquée, mais on ne serait jamais obligé de toucher aux godets: puisque les œils des femelles ne s'usent pas, on n'aurait donc à réparer que les maillons mâles indépendants des godets.

On a également modifié les tourteaux à quatre pans en les garnissant de calottes en fonte destinées à guider la chaîne par l'entre-deux et à l'empêcher de décapeler, tout en s'opposant au remplissage de l'intervalle des carrés pour la vase et les matières draguées (fig. 4, PL. 93).

Enfin les ceintures en bois des puisards, d'abord boulonnées directement aux parois verticales de la coque, ont été boulonnées à des équerres rivées au bordé; ce changement paraît insignifiant, il n'en est pas moins traduit par une économie de douze heures de main-d'œuvre par jour, nécessitées pour l'épuisement de la coque, qui faisait eau par les trous des boulons des ceintures continuellement ébranlées par les chocs et les vibrations de l'échelle à godets.

Les porteurs à vapeur, construits au nombre de douze par la société des Forges et Chantiers, sont des bateaux en fer à hélice; ils contiennent quatre puits divisés en deux bassins, l'un en avant, l'autre en arrière du compartiment de la machine. Chaque puits a deux portes; le tout manœuvre par quatre treuils.

Les machines de soixante-cinq chevaux de force nominale peuvent développer un travail de cent quatre-vingt-quinze chevaux de 75 kilogrammètres; elles sont à deux cylindres inclinés renversés agissant directement par un seul coude sur l'arbre du propulseur. C'est le même type que les machines des porteurs de Toulon, seulement ici les pompes à air sont horizontales et à fourreau, mues par une manivelle à l'extrémité avant de l'arbre; de plus, on a remplacé l'ancienne et dangereuse mise en train à débrayage par la disposition ordinaire à deux excentriques et à coulisse. Le modèle de ces machines a figuré dans l'exposition de la Société des Forges et Chantiers.

Les hélices sont à quatre branches, en fonte. J'ai vu à l'atelier plusieurs de ces hélices avec une ou plusieurs ailes cassées; on m'a assuré que ces ruptures avaient eu lieu dans le trajet de Toulon à Gênes et à la Spezzia, et qu'avant, elles ne s'étaient produites que dans le travail.

La chaudière est à retour de flamme, avec tubes en laiton au-dessus des foyers.

Les porteurs sont munis de deux mâts verticaux, avec voiles goëlettes.

Voici quelques-unes des dimensions principales :

Longueur à la flottaison		38 mètres
Largeur hors membres au maître couple		6. 55
Creux sur quille à la ligne droite du pont		3. 20
Tirant d'eau moyen		2. 66
Différence		0. 60
Jauge légale française		214 tonneaux
Déplacement en charge		448 tonneaux
Section immergée du maître couple		$14^{mq}.65$
Puissance nominale		65 chev. de 225 kilogram.
Surface des voiles majeures		110^{mq}.
Vitesse aux essais		8 nœuds
Poids de vase		300 tonnes
Volume de vase avant	130	220 mètres c.
Volume de vase arrière	90	
Charbon dans les soutes		6 tonnes
Diamètre des pistons		$0^m.65$
Course des pistons		0 .45
Nombre de tours par minute		110
Pression dans la chaudière		2 1/2 atm.
Vide		$0^m.30$
Introduction		2/3
Distance de transport		7500 mètres
Temps pour aller et venir		1 h. 1/2
Vitesse moyenne à l'heure		12 kilom.

La quille, l'étrave et l'étambot sont en fer de 120/40, les membrures espacées de 1 mètre d'axe en axe sont en fer d'angle de 60/60 pesant 6 kilogrammes par mètre, et les varangues en tôle de 8 millimètres d'épaisseur et de 180 de hauteur, armées d'une cornière de 60/60 se reliant sur une longueur de $0^m.60$ à $0^m.80$ avec la cornière principale. Les gabords sont en tôle de 8 millimètres et les rivures suivantes de 7 millimètres assemblées à dix avec un seul rang de rivets. La partie inférieure des puits est en tôle de 8 millimètres et la partie supérieure de 6, armée de cornières de 60/60.

Ces échantillons de coque paraissent faibles, néanmoins ces porteurs font un bon service; ils ont coûté 160,000 francs chacun.

L'entreprise a, pour les réparations de son matériel, établi un atelier à Fezzano au bord du golfe et à peu de distance de la Spezzia. Cet établissement comprend deux cales de halage de 40 mètres de longueur, sur lesquelles le remontage s'opère par des cabestans mus à bras; un atelier de forge contenant un marteau pilon, deux fours à réchauffer, et sept feux de forge; un atelier d'ajustage qui renferme trois tours, des cisailles, poinçonneuses, machines à percer, dix étaux d'ajusteur, etc. avec une locomotive pour machine motrice; enfin des hangars, magasins, etc.

Cet atelier a occupé jusqu'à cent ouvriers, mais, en ce moment, il n'en occupe que quarante à cinquante. M. Furness doit de plus établir une autre cale de halage pour le commerce, les appareils à mettre à sec les navires manquant complétement dans un grand rayon, jusqu'à Gênes et Livourne, si l'on en excepte la magnifique cale hydraulique de San Bartolomeo située en face de Fezzano, mais exclusivement réservée à la marine royale.

Après avoir fait connaître le matériel de draguage et de transport, je vais donner quelques détails sur la manière dont s'exécute le travail.

Le draguage s'opère à la profondeur de 10 mètres pour le port et la darse, de 7 mètres et de 4 mètres pour les cales de construction et à 15 mètres pour les bassins de radoub : ce dernier travail n'est pas un draguage proprement dit, il se fait à sec.

Le mesurage s'effectue par profils soudés; le travail journalier commence en été à 5 heures 1/2 pour finir à 7 heures du soir sans interruption, soit 13 heures 1/2 : en hiver la journée n'est que de 11 heures, il y a en moyenne 5 dragues en travail.

La drague est amarrée en long sur deux ancres l'une en avant, l'autre en arrière (fig. 3, PL. 93), espacées de 300 mètres; le halage sur ces ancres se fait au moyen d'un treuil mû par la machine elle-même; en outre la drague est amarrée transversalement sur quatre ancres écartées deux à deux de 240 à 250 mètres. La drague travaille en allant et en revenant à la manière d'une charrue, enlevant à chaque passe un sillon de 25 mètres de longueur, 1 mètre de profondeur et de la largeur de l'échelle, c'est-à-dire 2 mètres environ : elle peut enlever sans déplacer les ancres un cube de 25 mètres de long sur 60 de large et de 1 mètre de profondeur, soit 1,500 mètres cubes, le travail de 20 heures environ. Lorsqu'on est arrivé à profondeur, on ne fait plus les sillons que de demi-largeur de godet pour égaliser le fond.

La drague peut verser à droite et à gauche; lorsqu'un porteur est rempli, il part, et par le simple changement de couloir, le déversement des matières se fait dans le second porteur qui attend de l'autre côté de la drague.

Le porteur chargé une fois, arrivé au point désigné pour le décharge-

ment, on met le gouvernail tout d'un bord, on amarre la roue et les portes des puits ouvertes, on fait décrire sur place des cercles au bateau; cette manœuvre facilite la descente des matières. Le déchargement se fait au dehors du golfe, en face de Porto-Venere (fig. 6, PL. 93), à 7500 mètres de distance; mais lorsque le temps est mauvais et que la mer ne permet pas la sortie, les porteurs vont se vider en dehors du golfe, à une distance moindre et dans une partie d'où les déblais ne peuvent pas être ramenés par les courants.

Les bateaux mettent environ 1 heure 1/2 pour aller, décharger et revenir. (Avec la vase molle et une inclinaison convenable des parois des puits, la décharge n'exige que dix minutes environ.) Si le cube est de 200 mètres et si la charge en fournit 83 à l'heure, il faudra $\frac{200}{83}$, soit environ 1 h. 1/2 pour remplir les puits. On voit donc que deux porteurs sont au moins suffisants pour desservir une drague; aussi chaque porteur n'est-il pas spécialement affecté à une drague. Au milieu du champ de travail il y a un ponton magasin, muni d'un sémaphore pour signaler aux porteurs qui rentrent vers quelle drague ils doivent se diriger.

L'équipage d'une drague grand modèle se compose de :

1 patron à	150	fr. par mois
1 nostromo à	90	
7 marins à 85 fr., ensemble	595	
1 machiniste à	200	
1 chauffeur à	115	
1 charbonnier à	85	
Total par mois	1235	

L'équipage d'un porteur se compose de :

1 patron à	200	fr. par mois
1 nostromo à	95	
5 marins à 85 fr., ensemble	425	
1 machiniste à	210	en moyenne
1 chauffeur à	115	en moyenne
1 charbonnier à	85	
Total par mois	1130	

D'après les chiffres relevés pour la période qui va du 1er juin 1863 au 31 mai 1864, il y a en moyenne par an et par drague :

250 jours de travail,
55 jours de réparation,
5 jours de manœuvre,
55 jours de fête.
365

Une drague fait par heure de temps utile 85 mètres cubes et par heure de temps total 66 mètres cubes ; de sorte que pour douze heures, moyenne de la journée entre l'hiver et l'été, elle fera 800 mètres cubes par jour, ou en 250 jours 200,000 mètres cubes, soit pour 5 dragues qui travaillent à la fois 1 million de mètres cubes par an.

D'après les mêmes relevés, on trouve que pour un mètre cube extrait, on consomme :

1kg.65 de charbon,
0kg.0019 d'huile,
0kg.0013 de suif et graisses,
0kg.0010 de coton.

et par mètre cube transporté :

2kg.95 de charbon,
0kg.0043 d'huile,
0kg.0026 de suif et graisse,
0kg.0017 de coton.

En se reportant aux chiffres élémentaires donnés plus haut, on trouverait le prix de main-d'œuvre pour un mètre cube extrait et transporté. Le prix de soumission était de 1 fr. 15 extraction et transport pour le draguage libre, et 1 fr. 80 pour le draguage gêné, le rabais d'adjudication a été de 25 0/0 ; mais ces prix ne concernent que le terrain facile, vase peu compacte ; pour les autres terrains dans lesquels on n'a pas encore travaillé, on doit traiter de gré à gré à chaque fois.

NOTICE

SUR LES

TABLES DES ANSES DE PANIER A ARCS ÉGAUX.

et à 3, 5 et 7 centres,

DRESSÉES

PAR M. LEFRANÇOIS, ingénieur civil.

La forme d'une voûte n'est pas indifférente au point de vue de l'harmonie du travail; en effet, l'œil est satisfait lorsqu'il ne rencontre aucun point sur lequel s'arrêter, comme dans le plein cintre, parce que la courbure est uniforme et sort naturellement des lignes à raccorder; mais il n'éprouve pas la même satisfaction lorsque la courbe de la voûte est formée par des arcs décrits avec plusieurs rayons, surtout si ces rayons ont entre eux des grandeurs très-différentes, parce qu'alors la courbure n'est pas uniforme, et que, décroissant rapidement, il existe, au point de soudure de ces arcs, un jarret résultant du passage d'un petit rayon à un grand rayon.

Pour éviter cet inconvénient, les constructeurs habiles adoptent des courbes composées d'un grand nombre d'arcs, ou autrement des courbes décrites avec un grand nombre de rayons, et par là ils obtiennent des voûtes ayant une courbure décroissant insensiblement de la naissance au sommet.

C'est pour obtenir des courbures de cette nature que M. Kmaingan, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a dressé des tables des anses de panier à 3, 5 et 7 centres, et à arcs égaux.[1] Il résulte de cette condition que les rayons sont inversement proportionnels aux angles, et que les courbures décroissent d'une manière uniforme de la naissance au sommet.

Ces tables ont le seul tort de n'être pas à la portée de tous ceux qui ont à faire ou à conduire des constructions de voûtes; elles exigent un travail laborieux pour la préparation des projets, et se trouvent ainsi restreintes à n'être d'usage que parmi les chefs de service et les employés déjà avancés dans la carrière.

L'usage que j'ai fait plusieurs fois de ces tables m'a inspiré l'idée de chercher s'il ne serait pas possible de réduire le travail au moment de

[1] Ces tables sont trop étendues pour pouvoir être publiées dans le Bulletin de la Société. Elles sont déposées en manuscrit dans la bibliothèque.

l'application, et de construire des tables fournissant tous les éléments qui sont nécessaires au rédacteur d'un projet et à l'employé d'un grade inférieur, qui est chargé de la conduite du travail sur le terrain.

Ce n'est donc pas pour les chefs de service que de semblables tables ont été faites, puisqu'ils possèdent le savoir nécessaire pour s'en passer; mais c'est pour leurs auxiliaires.

La première idée de ces tables repose sur le principe que l'angle au centre d'un cercle étant double de celui qui est à la circonférence du même cercle lorsque les arcs opposés à ces angles ont la même longueur, l'arc opposé au petit angle et décrit du centre situé sur la circonférence ne cesse pas d'être égal à celui qui est décrit du centre du cercle, puisque le produit du petit rayon par le grand angle, est égal au produit du grand rayon par le petit angle.

Anses de panier à 3 centres.

Par suite de ce principe, toutes les anses de panier à 3 centres et à arcs égaux ont paru devoir être limitées, dans les tables, à celles pour lesquelles le premier rayon étant égal à l'unité, le second rayon est au plus le double du premier.

Anses de panier à 5 centres.

Lorsque, voulant faire une anse de panier à 3 centres, on arrive à avoir le second rayon d'une grandeur supérieure à deux fois le premier rayon, cette espèce de courbe devient impossible, d'après le principe qui vient d'être adopté, et il faut avoir recours à la courbe à 5 centres.

Pour ne pas sortir du principe, il a été admis pareillement que la limite extrême de cette espèce de courbe serait atteinte lorsque les rayons iraient en doublant de grandeur et qu'ils deviendraient 1, 2, 4.

Ces trois nombres ont servi à la détermination des angles, puisque les angles doivent être inversement proportionnels aux rayons, pour que les arcs soient égaux, c'est-à-dire qu'ils doivent être 4, 2, 1.

Et parce que la somme de ces angles est égale à 90°, on a l'angle

$$1 = \frac{90^\circ}{4+2+1} = \frac{90^\circ}{7} = 12^\circ\ 51'\ 25''\ \tfrac{5}{7},$$

pour l'angle des grands rayons de la courbe à 5 centres la plus surbaissée.

Anses de panier à 7 centres.

L'anse de panier à 5 centres devient impossible aussitôt que le grand rayon est plus grand que 4 fois le petit rayon, et il faut employer les anses de panier à 7 centres.

On a pareillement admis, pour cette espèce de courbe, que les rayons de la courbe la plus surbaissée possible devraient être dans le rapport 1, 2, 4, 8, c'est-à-dire iraient en doublant.

Alors, par une raison inverse, les angles sont dans le rapport 8, 4, 2, 1, et l'angle des grands rayons est trouvé par

$$\frac{90^\circ}{8+4+2+1} = \frac{90^\circ}{15} = 6^\circ.$$

La courbe décrite avec ces données est la limite inférieure de celles qu'on peut admettre, puisque, pour un demi-diamètre égal à 1, elle est tracée avec un grand rayon égal à 2.9573 et une montée de 0.5088.

Avec un pareil rayon, l'arc du sommet n'a plus qu'une courbure très-faible, et les plans de joints de la clef approchent de la verticale.

On ne pourrait donc pas aller au delà d'une courbe de cette nature sans compromettre la solidité de l'ouvrage ou sans être obligé de mettre une grande épaisseur à la clef, afin d'augmenter la grandeur de son arc d'extrados.

Arc de cercle.

C'est pourquoi, à partir de la montée égale à la moitié du demi-débouché, c'est-à-dire de 0.50 quand le demi-diamètre est 1, on a fait une table des arcs de cercle pour tous les cas où la montée est comprise entre 0,50 et 0.25 (le demi-diamètre étant 1).

C'est ainsi que, par les 4 tables qui précèdent, on passe par toutes les courbes qui sont comprises entre le plein cintre et la plate-bande, et s'appuyant toutes sur le même demi-diamètre, qui est 1.

Ces tables contiennent 122 courbes, savoir :

60 courbes à 3 centres; 21, à 5 centres; 15, à 7 centres, et 26 arcs de cercle.

Toutes ces courbes ont été calculées avec l'unité pour demi-diamètre.

En regard de chaque montée différente, on trouve la grandeur des rayons, celle des arcs, celle des côtés des parallélogrammes qui servent à déterminer les centres des rayons, la surface du débouché de la voûte, les abscisses et les ordonnées de l'extrémité des arcs.

Au moyen de ces tables, il n'y aurait aucun calcul à faire si l'on n'avait à construire que des voûtes ayant 2 mètres de diamètre, puisqu'il suffirait de chercher la montée qui correspondrait à celle de la voûte à construire, et de relever tous les nombres de la table.

Mais cependant quel que soit le diamètre de la voûte à construire, ces tables peuvent être d'un grand secours, puisqu'elles contiendront toujours une courbe semblable ou sensiblement semblable à celle qu'il s'agira de faire.

Alors il n'y aura plus qu'à chercher cette courbe, et l'on arrivera facilement à la trouver, puisqu'il suffira de diviser la hauteur de la voûte à construire par le demi-diamètre de cette voûte, pour avoir le rapport qu'il y a entre ces deux dimensions.

Cela connu, il ne restera plus qu'à ouvrir les tables et à chercher ce rapport dans la colonne des montées.

Lorsqu'on aura trouvé le nombre cherché, on connaîtra l'espèce de courbe dont il faut faire usage pour la construction voulue.

Il ne restera plus qu'à relever toutes les dimensions qui seront en regard de ce rapport et à les multiplier par le demi-diamètre de la voûte à construire, quand il s'agira de lignes ou de longueurs, et par le carré de ce demi-diamètre, quand il s'agira de surfaces.

Dans l'espace de quelques minutes, on connaîtra toutes les dimensions de la courbe à construire, et l'on pourra la décrire de suite sur le papier.

Outre la grande économie de temps qui sera trouvée dans l'emploi de ces tables, on y verra encore l'avantage d'obtenir des calculs exempts d'erreur, et que l'on pourra faire opérer par un simple calculateur.

Ces tables seraient utiles aux agents voyers, aux architectes, aux conducteurs des ponts et chaussées, et même aussi aux chefs de service, elles les exempteraient de la nécessité de faire eux-mêmes les calculs des courbes qui sortent de l'usage ordinaire.

Arcs de cercle à 3 et à 5 centres.

Outre les quatre tables dont je viens de parler, le manuscrit comprend encore deux autres tables pour la description des arcs de cercle à 3 et à 5 centres.

L'arc de cercle à 3 centres est la portion de l'anse de panier à 5 centres, prise à partir de l'origine des deuxièmes arcs.

Et l'arc de cercle à 5 centres est la portion de l'anse de panier à 7 centres, prise aussi à partir des deuxièmes arcs.

Avec de telles courbes, le débouché présente un peu plus d'ouverture qu'avec l'arc à 1 centre, décrit avec les mêmes données, comme cela est démontré dans l'introduction à ces tables.

Coordonnées des voussoirs d'une voûte à 7 centres.

Enfin, le manuscrit est terminé par un exemple de calcul des coordonnées des arcs de douelle des voussoirs d'une anse de panier à 7 centres et à arcs égaux, et par la description du procédé à employer pour construire la courbe dans l'espace.

A la suite est donnée la description d'un *niveau de pose*, pour déterminer l'inclinaison des joints de chaque voussoir.

Le manuscrit contient encore un type de calcul pour chaque espèce de courbe, afin que chacun puisse refaire les calculs s'il le juge convenable, ou bien ajouter d'autres courbes.

Lettre de M. Yvon Villarceau sur un Mémoire concernant le Système de la Nature, suivant J. Berchtold.

Monsieur le Président,

Vous m'avez fait l'honneur de renvoyer à mon examen un Mémoire concernant le *Système de la nature*, *suivant J. Berchtold*, en me demandant si la Société doit attacher de l'importance à la communication de ce Mémoire.

Je devrais peut-être me récuser, attendu que, sur plusieurs points traités dans le Mémoire, j'ai des idées depuis longtemps arrêtées. Comme cependant les hommes de science qui se sont occupés des systèmes de mesures sont censés plus compétents que ceux qui sont restés étrangers à ces matières, je me crois obligé de vous faire connaître mon opinion.

Commençons, toutefois, par indiquer celle de l'auteur du Mémoire : dans sa pensée, « l'adoption du système proposé constituerait un progrès du système métrique décimal. »

Il est un point sur lequel je suis tout à fait d'accord avec M. Berchtold : c'est celui qui concerne la division centésimale du jour. Or il importe de remarquer que ce mode de subdivision du temps fait partie intégrante de notre système métrique décimal. On doit seulement regretter qu'il ne soit pas encore mis en pratique : tous les efforts qui tendront à le faire adopter me semblent dignes d'être encouragés.

M. Berchtold propose de diviser la circonférence du cercle en 540 parties. — Sans m'arrêter à discuter les motifs de préférence invoqués par l'auteur, ni les inconvénients de son système, je crois devoir le déclarer inadmissible. En ce qui concerne la division du cercle, je me sépare des fondateurs du système métrique décimal ; je propose l'emploi de la division décimale ou centésimale du cercle entier et non du quart de cercle ; j'estime qu'il est très-heureux que la division centésimale du quart de cercle n'ait pas prévalu. Mes idées sur ce sujet ont été exposées dans une séance du Bureau des Longitudes (9 novembre 1864); je les reproduirais si cela était nécessaire.

L'auteur du nouveau système propose de substituer à notre unité de longueur, la longueur du pendule qui bat la seconde centésimale. Il reproduit les critiques depuis longtemps formulées à l'égard du mètre; mais il ne paraît pas avoir remarqué l'indétermination du problème qu'il

soulève. La longueur du pendule à seconde varie avec la latitude et l'altitude; or, en supposant qu'on s'accordât sur ces deux éléments, il y aurait à choisir entre les diverses longueurs que l'observation fournirait pour des lieux situés à une même latitude australe ou boréale; car les attractions locales produisent des effets différents, suivant la position des lieux sur leurs parallèles de latitude. On sait depuis longtemps que le mètre français n'est pas la dix-millionième partie d'un quart de méridien terrestre; il est possible, d'ailleurs, que tous les méridiens ne soient pas égaux : on a donc bien fait de renoncer à réaliser la longueur théorique du mètre. Il suffit que les diverses nations s'accordent sur le choix d'une même unité de longueur, quelle qu'elle soit, et sur sa division décimale. L'adoption du mètre par un certain nombre de nations justifie amplement la préférence à donner à notre unité de mesure des longueurs.

Les autres unités du système métrique étant, pour la plupart, des conséquences du choix de l'unité de longueur, je n'ai pas à insister en ce qui concerne les poids, il suffit d'admettre que l'on continuera d'employer la balance dans leur mesure, pour qu'on n'ait pas à se préoccuper du lieu désigné dans la définition de l'unité de poids.

En résumé, la communication du Mémoire sur le système de M. Berchtold me paraît avoir de l'intérêt en ce qu'elle soulève deux questions: l'une relative à la division décimale du jour, l'autre concernant la division du cercle, questions dont la solution aurait de l'importance pour le perfectionnement du système métrique et le progrès des applications des mathématiques aux sciences physiques et à l'industrie.

Il vous appartient, monsieur le Président, de décider s'il conviendrait ou non de profiter de la présence à Paris de nombreux délégués des nations étrangères, pour essayer de faire faire un pas à la question.

J'ai l'honneur d'être, etc., etc.,

Yvon Villarceau.

Paris, 20 juillet 1867.

Note résumant le travail de MM. Baumgartner et G. Falconnier

SUR LE

SYSTÈME NATUREL DES POIDS ET MESURES

réunissant dans une même unité le temps et l'espace

D'APRÈS LES BASES FONDAMENTALES DÉCOUVERTES PAR J. BERCHTOLD.

L'unité de mesure de temps est le *jour moyen tropical*, c'est-à-dire le temps nécessaire à la rotation complète de la terre autour de son axe.

Cette unité est divisée en 100 000 *secondes décimales*, ou 100 000 pulsations moyennes du cœur de l'homme.

L'unité de longueur est la longueur du pendule qui bat la *seconde décimale* dans le vide et au niveau de la mer, entre le 31e et le 32e degré de latitude, division actuelle.

D'après l'auteur, un tel pendule $\left(\text{qui correspond à } 0^{m}.74\,\frac{4}{54}\right)$, est exactement le 100,000e partie d'un degré de méridien divisé en 540 degrés.

L'unité de division géographique est le *degré* qui représente $\frac{1}{540}$ de la circonférence, et se divise en 100 minutes de 100 secondes.

De sorte que un pas correspond exactement à $\frac{1}{10}$ de seconde de degré.

Le pas est l'unité d'où sont dérivées toutes les autres unités de mesures. Les termes myria, kilo,... déci, centi, usités dans le système métrique, sont conservés. On a donc :

Mesures de longueur. — Le pas ou pendule décimal, le décapas (perche), l'hectopas, le kilopas (stade), le myriapas (ancienne

lieue romaine, ou mille allemand) et le degré, qui valent 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000 pas. Le décipas, le centipas et le millipas, qui valent 00, 0 01, 0 001 pas.

Mesures de surface. — Le pas quarré, le décapas quarré (perche quarrée), l'hectopas quarré (pose, mesure agraire), le kilopas, le myriapas quarré (lieue quarrée), qui valent 1, 100, 10000, 100000, 100 000 000 pas quarrés, etc.

Mesures de volume. — Les unités de volume sont les cubes ayant pour côté les diverses unités de longueur, c'est-à-dire le pas cube, le décapas cube, etc.

Mesures de capacité. — L'unité principale est la capacité du décipas cube, on l'appelle chope ; on a :

La chope, la décachope (pot), l'hectochope (setier, boisseau ou quarteron), la kilochope (tonneau, muids ou sac), qui valent 1, 10, 100, 1000 décipas cube; la kilochope équivaut au pas cube.

La décichope (petit verre) la centichope, la millichope, valant 0.1, 0.01, 0.001 chope.

Mesures de poids. — L'unité principale est la livre, poids dans le vide de la millième partie d'un pas cube, d'eau distillée à 4° centigrades, on a :

La livre, la décalivre, l'hectolivre (quintal), la kilolivre. valant 1, 10, 100, 1000 livres.

La décilivre (lothe), la centilivre (scrupule), la millilivre (grain), valant 0.1, 0.01, 0.001 livre.

Monnaies. — Unité principale : la livre d'or pur, de 1000 grains, valant 1000 francs (nouveaux) ou 1400 francs (monnaie française).

Les monnaies sont en or, en argent, en aluminium ou en cuivre.

Les *monnaies d'or*, faites d'un alliage de 900 or et 10 aluminium, auront une valeur nominale toujours la même. Elles comprennent des pièces de 100, 50, 40, 20, 10 et 5 francs, pesant 100, 50, 40, 20, 10 et 5 grains.

Les *monnaies en argent*, faites d'un alliage d'or et d'argent, tel que, en tenant compte de la valeur réciproque de l'or et de l'argent, chaque pièce ait un poids égal à 10 fois celui de la pièce de même valeur nominale en or. Les monnaies d'argent, qui actuellement seraient au titre 960.8 argent et 39.2 or, comprennent des pièces de 5, 2, 1, 0,50 francs, pesant 50, 20, 10, 5 grains.

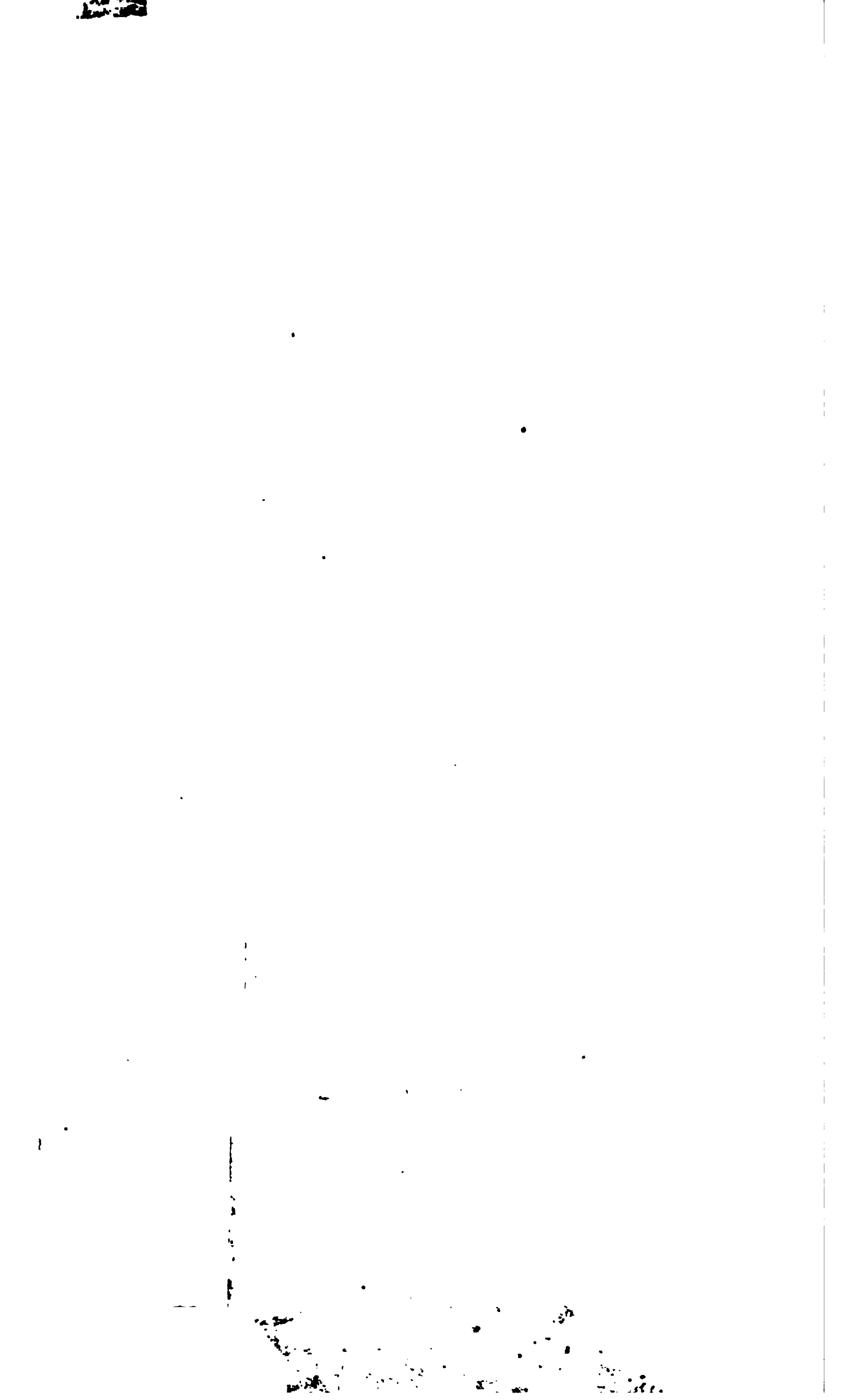
Les *monnaies en aluminium*, faites avec un alliage composé de 950 par-

ties aluminium et 50 parties argent, ont, à poids égal, une valeur 20 fois moindre que les pièces d'or. Elles comprennent les pièces de 20, 10 et 5 millimes, pesant 4, 2, 1 grains.

Les *monnaies en cuivre*, faites avec un alliage de 900 cuivre et 100 aluminium, ont, à poids égal, une valeur 200 fois moindre que les pièces d'or. Elles comprennent les pièces de 2 et 1 millimes, pesant 4 et 2 grains.

PARIS. — IMPRIMERIE P.-A. BOURDIER, CAPIOMONT FILS ET Cie, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

D = 0.162
189 D = 0.200
D = 0.245
D = 0.250
D = 0.350
D = 0.400
D = 0.600
D = 0.700
Vitesses
10.00
11.00
12.00



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(OCTOBRE, NOVEMBRE, DÉCEMBRE 1867)

N° 40

Pendant ce trimestre, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Décès de M. Perdonnet* (séance du 4 octobre, pages 628 et 810).

2° *Conducteurs des ponts et chaussées* (admission des) au grade d'ingénieur (séance du 11 octobre, page 628).

3° *Condenseur barométrique*, par M. Carré (séance du 11 octobre page 631).

4° *Machines marines*, par MM. Pérignon et Normand (séances des 11 et 25 octobre, et 8 et 15 novembre, pages 632, 642, 654, et 666).

5° *Régulateur à toupie*, par M. Urbain (séance du 18 octobre, page 636).

6° *Freins à vapeur*, par M. Guebhard (séances des 25 octobre et 8 novembre, pages 653 et 664).

7° *Allumettes* (industrie des), par M. Péligot (séance du 8 novembre page 654).

8° *Acier fondu par le procédé P. Martin* (fabrication de l') appliqué à l'usine de M. Verdié, à Firminy (séance du 15 novembre, page 656.

9° *Canal maritime de Suez* (situation générale des travaux du) (séance du 15 novembre, page 658).

10° *Voies métalliques du chemin de fer à l'Exposition*, par M. Sambuc (séance du 15 novembre, page 659).

11° *Conduite et élagage des arbres forestiers*, par M. Rouyer (séance du 15 novembre page 663).

12° *Exploitation des chemins de fer* (ouvrage sur l') par M. Jacqmin (séance du 22 novembre, page 671).

13° *Machine à ammoniaque* par M. Frot (séances des 22 et 29 novembre et 6 décembre, pages 671, 681 et 688).

14° *Calcul des moments maxima dans les ponts droits*, par M. De Dion (séance du 22 novembre, page 674).

15° *Viaducs métalliques du réseau central de la Compagnie d'Orléans*, par M. Nordling (séances des 22 et 29 novembre, pages 677 et 682).

16° *Machines à travailler le bois à l'Exposition*, par M. Tresca (séance du 6 décembre page 694).

17° *Scies mécaniques*, par M. Normand (séance du 6 décembre, page 697).

18° *Tarifs de voyageurs en Belgique* (réforme des), par M. Prosper Tourneux, inspecteur général des chemins de fer (séance du 20 décembre, page 698).

19° Situation financière de la Société (séance du 20 décembre, page 699).

20° Élections des membres du bureau et du comité (séance du 20 décembre, page 700).

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° De M. Fréret, des exemplaires d'un rapport de l'ingénieur en chef de service de la navigation, des travaux maritimes et des dessèchements, sur un procédé employé par M. Guibert, constructeur à Tourlaville, pour *la dessiccation et la conservation des bois*.

2° De M. Tardieu (Henri), membre de la Société, *un modèle au* 1/5 *d'une traverse en fer*.

3° De la Société des élèves des Écoles impériales des arts et métiers, un exemplaire de son *Annuaire pour l'année* 1867.

4° De M. Péligot, membre de la Société, un *Mémoire sur la fabrication des allumettes chimiques.*

5° De M. Toni Fontenay, membre de la Société, *un modèle du viaduc de la Fure.*

6° De M. Grand, membre de la Société, une notice sur les *produits de l'exploitation des mines et de la métallurgie de la section russe à l'Exposition universelle.*

7° De la Conférence des chemins de fer belges, un exemplaire de l'*Annuaire spécial des chemins de fer belges.*

8° De M. Sambuc, membre de la Société, une notice sur les *Voies métalliques à l'Exposition universelle.*

9° De M. Mathieu (Henri), membre de la Société, une note sur la *fabrication de l'acier fondu, par le procédé P. Martin, à l'usine de M. Verdié, à Firminy.*

10° De la *Société impériale des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille*, un exemplaire du troisième volume de ses Mémoires.

11° De M. Henri Péligot, membre de la Société, une *Notice nécrologique sur M. Benoist-Fourneyron.*

12° De M. Nordling, membre de la Société, un exemplaire de son *Rapport sur le projet de viaducs métalliques sur la ligne de Commentry à Gannat*, *avec planches.*

13° De M. Jacqmin, ingénieur des ponts-et-chaussées, directeur de l'exploitation des chemins de fer de l'Est, un exemplaire de son ouvrage sur l'exploitation des chemins de fer.

14° De M. Eugène Lacroix, éditeur, un exemplaire du *Guide pratique pour le choix de la vache laitière*, par Ernest Dubois; un exemplaire du *Droit des inventeurs*, par M. H. Dufréné; un exemplaire du *Guide pratique de la culture du saule*, par M. J.-P.-J. Koltz.

15° De M. Krantz, ingénieur en chef des ponts et chaussées, des exemplaires d'une *Note sur la construction du palais de l'Exposition.*

16° De M. Prosper Tourneux, inspecteur général des chemins de fer, un exemplaire de son *Rapport sur la réforme du tarif des voyageurs en Belgique.*

17° Les numéros de juillet et août 1867 du bulletin de la *Société industrielle de Reims.*

18° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du *Journal d'agriculture pratique.*

19° Les numéros du quatrième trimestre 1867 de la revue *la Presse scientifique.*

20° Les numéros du quatrième trimestre 1867 de la revue *les Mondes.*

21° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du journal *The Engineer.*

22° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du bulletin de la *Société d'encouragement.*

23° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du bulletin de la *Société de géographie.*

24° Les numéros du troisième trimestre 1867 du bulletin de la *Société impériale et centrale d'agriculture.*

25° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du journal *l'Invention.*

26° Le numéro du quatrième trimestre 1867 de la *Revista de obras pubicas.*

27° Les numéros du quatrième trimestre 1867 de la *Revue des Deux-Mondes.*

28° Les numéros du quatrième trimestre 1867 de la *Revue contemporaine.*

29° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du journal *le Moniteur des travaux publics.*

30° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du *Journal de l'éclairage au gaz.*

31° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du journal *l'Isthme de Suez.*

32° Les numéros du quatrième trimestre 1867 des *Annales du Génie civil.*

33° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du *Journal des chemins de fer.*

34° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du journal *le Cosmos.*

35° Les numéros du premier trimestre 1867 des *Annales des mines.*

36° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du *Génie industriel.*

37° Les numéros de décembre 1867 du bulletin de la *Société des Arts et Métiers de Vienne.*

38° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du journal *la Semaine financière.*

39° Les numéros 1 et 2 de 1867 du bulletin de la *Société des ingénieurs de Pesth.*

40° Le nmméro du t. III des *Mémoires de la Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube.*

41° Les numéros des troisième et quatrième trimestres 1866 du bulletin de la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne.*

42° Les numéros du quatrième trimestre 1867 des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées.*

43° Les numéros de juillet et août 1867 de la *Revue universelle des mines et de la métallurgie.*

44° Les numéros du quatrième trimestre 1867 des *Nouvelles Annales de la construction.*

45° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du *Portefeuille économique des machines.*

46° Les numéros du quatrième trimestre 1867 de l'*Album pratique de l'art industriel.*

47° Les numéros du quatrième trimestre 1867 des *Nouvelles Annales d'agriculture.*

48° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du *Propagateur des travaux en fer.*

49° Les numéros du quatrième trimestre 1867 des *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*

50° Les numéros du quatrième trimestre 1867 de la *Propagation industrielle.*

51° Les numéros du quatrième trimestre 1867 du journal *Engineering.*

52° Les numéros de mars, avril, mai et juin 1867 des *Annales des ponts et chaussées.*

53° Les numéros 34 et 35 du bulletin du *Comité des forges de France.*

54° Le numéro 1 de 1868 du journal *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.*

55° Les numéros du quatrième trimestre 1867, du bulletin de la *Société industrielle de Mulhouse.*

56° Les numéros du quatrième trimestre 1867 de la *Revue horticole.*

57° Les numéros du quatrième trimestre 1867 de la *Gazette du Village.*

58° Les numéros 5 et 6 de l'année 1867 de la *Revue d'architecture.*

59° Les numéros de l'année 1867 de la *Revue périodique de la Société des ingénieurs autrichiens.*

60° Le numéro 1 de 1867 du bulletin de la *Société des architectes et ingénieurs du royaume de Hanovre.*

61° Le numéro du quatrième trimestre 1867 du bulletin de l'*Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liége.*

Les Membres admis pendant le 4e trimestre sont :

Au mois d'octobre :

MM. Charbonnier (Amédée), présenté par MM. Flachat, Mathieu (F.) et Rozycki.
Duparc (Georges), présenté par MM. Callon, Courtépée et Poinsot.
Lantrac (Eugène), présenté par MM. Houel, de Mastaing et Moreaux.
Levassor (Émile), présenté par MM. Avril, Flachat et Petiet.
Nouguier (Émile), présenté par MM. Flachat, Fouquet et Petiet.

Comme Membres-Associés :

MM. Laumond (Arien), présenté par MM. Boudard, Flachat et Péligot.
Œschger (Henri), présenté par MM. Boudard, Flachat et Péligot.

Au mois de novembre :

MM. Battarel (Pierre), présenté par MM. Arson, Ribail et Weil.
Matthiessen (James), présenté par MM. Callon, Flachat et de Mastaing.
Meyer (Adolphe), présenté par MM. Flachat, de Mastaing et Meyer.

Au mois de décembre :

MM. Agnès (Antony), présenté par MM. Callon, Litschfousse et Mauguin.
Delaunay (Louis), présenté par MM. Belleville, Darblay et Dupré.
Fouju (Paul), présenté par MM. Péligot, Thirion et Tronquoy.

Guelle (Denis), présenté par MM. Benoît-Duportail, Courtines et Muller.
Guerbigny (Germeuil), présenté par MM. Asselin, Callon et Veret.
Géruzet (Victor), présenté par MM. Coignet, de Mastaing et Paul.
Henderson (David), présenté par MM. Devaureix, Flachat et de Mastaing.
Jacques (Jean-Nicolas), présenté par MM. de Fernex, Lévy et Thirion.
Landsée (Adolphe), présenté par MM. Dieudonné, Guébhard et Lefèvre.
Moll (Henri), présenté par MM. Lefèvre, Mathieu (H.) et Tronquoy.
Siémens, présenté par MM. Flachat, le général Morin et Tresca (H).
Vallance, présenté par MM. Flachat, Morandière (J.) et Zerah-Colburn.

Comme Membre-Associé :

M. Garnier (Ernest), présenté par MM. Boudard, Chauvel et Mesdach.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IVᴱ TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1867

Séance du 4 Octobre 1867.

Présidence de M. E. FLACHAT, *Président.*

Le procès-verbal de la séance du 13 septembre est adopté.

MESSIEURS,

Je vous propose au nom de votre Comité d'interrompre aujourd'hui le cours de nos travaux. Il y a quelques heures seulement, les obsèques de M. Perdonnet ont été célébrées; la plupart d'entre nous y assistaient et nous sommes encore sous l'influence de l'émotion unanime qui a rendu cette triste cérémonie si imposante. Les belles paroles de M. Dumas ont profondément touché ceux des amis de M. Perdonnet qui les ont entendues. C'est la vie de M. Perdonnet traduite avec l'élévation de sentiments qu'elle mérite, et dans un langage que nul ne possède à un plus haut degré pour interpréter la pensée. Je ne puis donc vous entretenir de M. Perdonnet, car c'est à cet entretien que notre réunion sera consacrée, sans remercier d'abord M. Dumas en notre nom à tous.

Ce que je vais vous dire sera la narration des principales circonstances de la vie de M. Perdonnet, telles que ma mémoire me les rappelle. (Voir les discours page 810.)

Séance du 11 Octobre 1867.

Présidence de M. E. FLACHAT.

Le procès-verbal de la séance du 20 septembre est adopté.

M. LE PRÉSIDENT appelle l'attention sur le rapport de M. de Forcade La Roquette, Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, relatif aux conditions d'admission des conducteurs des ponts et chaussées au grade d'ingénieur. Ce rapport est publié par le *Moniteur universel* du 8 de ce mois.

Après avoir rappelé que la loi du 30 novembre 1850 qui ouvrait, en principe, la carrière d'ingénieur aux conducteurs des ponts et chaussées, est restée sans application par suite des conditions imposées par le règlement d'Administration publique du 23 août 1851, et que malgré l'insuccès de la loi, quatre-vingt-dix conducteurs font aujourd'hui fonctions d'ingénieurs sans en avoir le titre ni les émoluments, M. le ministre recherche le moyen de rendre au principe de la loi son efficacité : il le trouve dans la révision du règlement de 1851.

Nous citerons, sur ce point, le rapport lui-même :

« En recherchant les causes qui jusqu'ici ont empêché les conducteurs des ponts et chaussées de passer avec succès les examens qui leur sont imposés pour obtenir le grade supérieur, il m'a été facile de reconnaître que cet insuccès était dû non-seulement à la difficulté trop grande de l'examen lui-même, mais surtout au nombre et à la diversité des matières qui s'y trouvent comprises.

« Les candidats sont appelés à soutenir un examen unique qui porte sur l'ensemble des notions scientifiques qui, dans les écoles spéciales, font l'objet d'examens successifs. La nécessité de se préparer sur tous les objets à la fois rend le succès beaucoup plus difficile, sinon tout à fait impossible.

« Le système du concours et de l'examen, juste et salutaire en lui-même, n'est pas de nature à décourager les conducteurs. En effet, depuis 1847, ils sont tous assujettis, pour entrer dans la carrière, à des examens qui peuvent être considérés comme équivalents, sur un grand nombre de points, à ceux qui sont exigés des jeunes gens qui se présentent à l'École de Saint-Cyr. Les conducteurs possèdent donc un fond de connaissances acquises, et, de plus, ils ont contracté de bonne heure l'habitude de soutenir les épreuves d'un concours.

« Je considère qu'il serait surtout nécessaire de diviser ces épreuves et d'établir entre les examens un intervalle de temps nécessaire à les préparer. Mais cette division elle-même ne saurait avoir tous les effets utiles qu'on doit en attendre, si un avantage sérieux n'était attaché au succès des premières épreuves.

« On pourrait, dans ce but, donner soit un titre particulier, soit une augmentation de traitement, aux conducteurs qui auraient subi avec succès les examens exigés dans un premier concours. Le programme de ce concours ne comprendrait qu'une partie des connaissances qui sont aujourd'hui exigées dans le programme arrêté en 1851.

« Il y aurait lieu d'examiner en outre si certaines notions scientifiques comprises dans ce programme répondent à des nécessités pratiques bien démontrées et si elles ne pourraient pas, sans inconvénients véritables pour le service, être retranchées des derniers examens à passer pour l'admission au titre d'ingénieur.

« La révision du règlement d'Administration publique du 23 août 1851 et les propositions que je viens de soumettre à Votre Majesté, me paraissent de nature à répondre à ses intentions justes et bienveillantes en faveur des conducteurs des ponts et chaussées. Ces mesures assureraient enfin l'exécution de la loi du 30 novembre 1850; elles établiraient des garanties qui n'existent pas aujourd'hui pour le choix des conducteurs chargés des fonctions d'ingénieur; elles feraient rentrer dans le cadre régulier de l'organisation administrative une catégorie de fonctionnaires très-dignes d'intérêt, qui ne portent pas un titre en rapport avec la position qu'ils occupent et les services qu'ils rendent. Enfin elles exerceraient une influence heureuse sur le recrutement des conducteurs des ponts et chaussées et entretiendraient parmi eux une émulation favorable au bien du service. Leur autorité morale s'élèverait en même temps

que le niveau de leur instruction, et ces fonctionnaires utiles et capables obtiendraient un surcroît de considération qui serait la récompense légitime de leurs services. »

En présence de ce langage notre Société ne peut qu'exprimer sa reconnaissance envers le Gouvernement. La loi de 1851 fut une satisfaction donnée à l'opinion publique ; elle consacrait un principe salutaire, celui du concours scientifique pour l'admission aux emplois exigeant une instruction spéciale. Vous avez gardé le souvenir des travaux et mémoires publiés par votre Société sur cette grave question, dès la première année de sa formation.

Il est incontestable que l'intervalle entre l'instruction de l'ingénieur sortant des Écoles des ponts et chaussées et des mines, et celle du conducteur, était et est toujours considérable. Il empêche ces rapprochements intimes que l'égalité d'instruction établit entre les hommes, quelle que soit la distance hiérarchique qui les sépare.

Mais il faut dire aussi que, dans les diverses fonctions des ingénieurs, de la construction d'un grand ouvrage d'art à l'entretien des routes, l'intervalle est réellement le même.

L'établissement des routes départementales et celui des chemins vicinaux accomplis dans les meilleures conditions, sans la participation directe des ingénieurs, par les agents-voyers, est une preuve qu'il y a un bien faible emploi de l'instruction de l'ingénieur dans l'entretien des routes impériales. C'est là l'explication du grand nombre de conducteurs faisant fonctions d'ingénieur.

De même que dans les fonctions des ingénieurs il existe une graduation entre les travaux qui exigent la plus forte instruction et ceux qui ne demandent que les connaissances exigées des conducteurs, de même il convient de graduer aussi les examens pour proportionner l'instruction à l'emploi et au grade. Mais ce ne sera que par l'étente des fonctions que la graduation de l'instruction exigée pourra être utilement fixée. Il ne faut pas oublier que les esprits laborieux et ardents mettent à l'accomplissement de leurs devoirs tout leur temps et leur contention intellectuelle. Il leur reste donc bien peu de moments pour l'étude. Il est d'ailleurs plus difficile qu'on ne le croit généralement de s'instruire en dehors des écoles. Cela exige une ferme volonté et une grande solidité de caractère. Les cinq années d'étude à l'École polytechnique et aux Écoles d'application ne se remplacent que rarement. Il faut pour cela bien des années d'études persévérantes, difficiles, à peu près inconciliables avec un emploi quelconque, et avec de faibles ressources d'argent : sans compter que l'âge ne se concilie pas toujours avec la flexibilité mentale qui permet aux jeunes gens de s'absorber dans des études diverses.

Mais l'examen qu'il était impossible de traverser en une fois devient accessible par degrés aux conducteurs partant du programme de Saint-Cyr. Il sera très-rapidement accessible pour les élèves de l'École polytechnique quittant les professions militaires pour rentrer dans l'industrie ; il le sera également pour les élèves diplômés de l'École centrale des arts et manufactures. Déjà aujourd'hui bon nombre de ces ingénieurs sont devenus chefs des bureaux des études des ingénieurs des ponts et chaussées, et il est remarquable que ce sont les plus habiles entre ces derniers qui recherchent pour cet emploi les plus forts élèves diplômés de l'École centrale.

Ceux-ci monteront donc facilement les degrés vers un grade qui est entouré de considération ; ils deviendront des auxiliaires d'autant plus utiles dans les services publics qu'ils trouveront, dès les premières années, entre les ingénieurs et les conducteurs une place qui ne peut leur être disputée.

On comprend donc que la mesure provoquée par M. de Forcade La Roquette ren-

contre toutes les sympathies parmi les ingénieurs civils, parmi les ingénieurs des ponts et chaussées auxquels sont confiés des travaux importants, et dans le public.

M. le Président donne la parole à M. Carré pour la lecture de sa communication sur un condenseur barométrique.

M. Carré dit que cet appareil n'est, en principe, autre chose qu'un grand baromètre à eau dans la chambre duquel on fait arriver l'eau nécessaire et la vapeur qui doit s'y condenser. Ce condenseur a été décrit dans les *Annales des mines de* 1864, tome VI, mais il n'a été exécuté que plus tard dans une des forges de l'Est.

Lorsque dans une usine hydraulique l'emploi d'une machine à vapeur auxiliaire est nécessaire pendant les basses eaux, on peut utiliser la chute d'eau, si elle est d'une hauteur suffisante, pour alimenter le condenseur barométrique.

M. Carré fait, au tableau, un croquis de la disposition générale de l'appareil.

Il consiste en un grand entonnoir en tôle de 1^{m}.50 de hauteur environ terminé par un tube d'une longueur supérieure à 7 mètres plongeant par le pied dans une bâche d'eau. L'eau de condensation arrive par la partie supérieure de l'entonnoir où un diaphragme la distribue en pluie. Cette eau condense la vapeur et sort par son propre poids, entraînant avec elle les gaz par une action analogue à celle de la trompe catalane.

M. Carré a pris en 1864 un brevet d'invention, et paraît être le premier qui ait eu l'idée de ce genre de condenseur.

Depuis lors, un brevet a été pris par M. Parry en 1865 pour un appareil analogue. En juin 1867, M. de Vendel fils a pris aussi un brevet pour un condenseur dans lequel M. Carré ne voit de différence avec le sièn qu'en ce que la chambre du condensateur est constituée par un tube horizontal au lieu d'un entonnoir. En effet, l'eau sort aussi de l'appareil par son propre poids, et c'est là le principe propre du condenseur barométrique.

M. Carré émet la question de savoir si le condenseur barométrique ne serait pas applicable alors même que l'on n'aurait pas de chute à sa disposition, et si le travail de la pompe chargée d'élever l'eau à la partie supérieure du condenseur, ne serait pas notablement inférieur au travail des pompes d'extraction ordinaires.

M. le Président demande à M. Carré quel est le vide que l'on a obtenu avec cet appareil.

M. Carré dit que le vide observé a été de 40 à 45 centimètres, et qu'il suffit d'une colonne de 7^{m}.50 pour produire ce résultat.

Il n'a pas pu se procurer à Hayange des chiffres de rendement.

Il fait encore observer que lorsqu'on a à sa disposition une chute d'eau, le travail servant pour obtenir le vide dans un condenseur ne coûte rien, et par suite l'appareil est très-avantageux dans ces circonstances.

M. Tresca croit que le condenseur barométrique peut fonctionner dans de bonnes conditions, mais il ne croit pas qu'on puisse réaliser avec cet appareil une grande économie de combustible si l'on ne possède pas une chute d'eau naturelle suffisante.

Il ajoute que, d'après la législation qui régit actuellement les brevets d'invention, si M. Carré est réellement le premier qui ait eu l'idée du condenseur barométrique, les autres personnes qui ont pris postérieurement des brevets pour des appareils analogues n'en sont pas moins tributaires de M. Carré, malgré tout changement de forme ou de construction; que si M. Carré a laissé tomber son brevet dans le domaine public, le principe du condenseur barométrique peut être utilisé par chacun en toute liberté.

M. Lencauchez fait remarquer que lorsqu'on applique ce système à un appareil de grande dimension, l'appareil se désamorce souvent. A Hayange on obvie à cet inconvénient en déposant des chicanes dans l'intérieur du tuyau.

M. Bourdon emploie depuis longtemps un injecteur d'eau placé à la partie supérieure d'un tube de grande hauteur, et cet appareil donne un vide presque parfait.

M. Lencauchez ajoute que dans les pompes à air ordinaires il faut, après avoir refoulé l'eau, comprimer les gaz pour les expulser, et que l'on n'a plus à développer ce travail avec l'appareil précédemment décrit par M. Carré. En un mot, le condenseur de M. de Wendel est un appareil utilisant la force vive de l'eau, pénétrant dans un espace soumis au vide dû à la condensation; tandis que le principe sur lequel est basé l'appareil de M. Carré est celui de produire le vide par un jet d'eau soumis à une forte pression additionnelle.

M. Pérignon revient sur ce qu'il a dit relativement à la machine de 900 chevaux d'Indret, une note de M. Dupuy de Lôme ayant rendu officiels quelques chiffres et quelques renseignements relatifs à ce genre de construction des machines marines.

Les résultats principaux que M. Dupuy de Lôme s'est attaché à obtenir dans ses machines à trois cylindres, avec introduction directe dans un seul, sont les suivants:

1° Économie de combustible;

2° Faculté de reculer la limite du nombre des tours que l'on peut obtenir sans engrenages multiplicateurs;

3° Équilibre statique presque complet autour de l'axe de l'arbre, quelle que soit au roulis la position du navire.

La vapeur sort de la chaudière à $2^{at},75$, se rend dans un surchauffeur qui élève sa température de 131 à 156°, passe ensuite dans les enveloppes autour des cylindres extrêmes et arrive dans la boîte de distribution du cylindre du milieu qui n'a pas d'enveloppe de vapeur.

Dans la machine exposée, la distribution est réglée de manière à introduire jusqu'à 0.80 de la course dans le cylindre central et jusqu'à 0.75 dans les cylindres extrêmes; on obtient de cette manière une pression motrice moyenne variant de 88 à 82 centimètres de mercure sur le piston milieu et sur les pistons extrêmes. Le travail fourni dans chaque cylindre est donc à peu près le tiers du travail total; il en résulte une bonne condition de régularité et les différents organes de la machine peuvent supporter une vitesse notablement plus grande que dans les machines où la puissance motrice a de fortes variations; il faut joindre à cette cause de régularité la disposition des manivelles dont les deux extrêmes sont calées à angle droit, tandis que la troisième occupe la bissectrice de l'angle formé par les deux premières, de manière à avoir un travail plus régulier que si les manivelles étaient calées à 120°.

M. Dupuy de Lôme explique dans sa note qu'il aurait dû introduire à 0.50 seulement dans le cylindre milieu, au lieu de 0.80, s'il avait voulu éviter la chute de pression entre la fin de la course du cylindre central et le commencement de celles des cylindres extrêmes, mais il a préféré subir cette perte, qu'il estime à 0.04, en évitant d'augmenter notablement le poids des pièces, ou la pression initiale de la chaudière.

M. Pérignon ajoute que M. Dupuy de Lôme indique comme consommation des machines à deux cylindres : $1^k.60$ par cheval indiqué de 75 kilogrammètres, et pour les machines à trois cylindres, $1^k.28$, ce qui fait une économie de plus de 20 0/0 en faveur de cette dernière disposition.

L'application du plongeur aux pompes à air permet aussi de donner de grandes vitesses aux types de ces pompes et de les atteler directement aux pistons.

Il compare les machines à trois cylindres aux machines doubles et dont la disposition aurait l'avantage de diviser ces énormes masses dont l'inertie se refuse aux allures rapides. Il fait au tableau un croquis de la disposition proposée par M. Nillus fils. Cette disposition consiste en une machine de Woolf dans laquelle la marche des pistons est croisée, ce qui simplifie l'arrangement des conduits de vapeur. M. Nillus enveloppe tout l'ensemble par une caisse en tôle, fixée sur la plaque de fondation, et dans laquelle circule la vapeur avant son introduction dans les cylindres.

M. Pérignon passe ensuite en revue les machines exposées dans la section anglaise et exprime le regret de ne trouver souvent que des modèles sur lesquels on ne peut pas juger de l'harmonie générale, comme on le ferait sur une machine d'après sa vraie grandeur.

M. Penn expose seul une machine de 350 chevaux nominaux. Cette machine à deux cylindres est à fourreau, elle est destinée au navire *Sapho* de la marine anglaise.

M. Penn construit seulement des machines marines sur deux types bien connus : machines à fourreau pour navires à hélice et machines oscillantes pour navires à roues.

Dans la machine exposée, le presse-étoupe qui garnit ordinairement l'une des extrémités du tuyau d'évacuation est remplacé par une collerette en cuir embouti qui peut résister à la pression faible que ces tuyaux ont à supporter.

Cette machine a deux condenseurs à surface dans lesquels le mouvement est communiqué à l'eau par une pompe centrifuge mise en mouvement par un moteur spécial.

Il fait remarquer que le principe de cette machine auxiliaire peut être discuté. Il est inquiétant de faire dépendre la marche d'une machine à grande puissance du fonctionnement d'une machine auxiliaire, et il semble difficile que ces petites machines à grande vitesse puissent marcher régulièrement sans éprouver aucun arrêt pendant trente ou quarante jours.

D'un autre côté, la machine se trouve simplifiée par la suppression des clapets des pompes de circulation ; cette machine auxiliaire est presque indispensable pour rafraîchir le condenseur pendant les stationnements et pour régler plus facilement la température dans le condenseur en faisant varier la quantité d'eau introduite.

M. Pérignon croit que la meilleure disposition consisterait à faire fonctionner cette pompe spéciale, soit par une transmission venant de l'arbre de l'hélice même, soit, lorsqu'il serait nécessaire, par la machine spéciale.

Il décrit ensuite l'ensemble de la machine dans laquelle il remarque des bâtis bien étudiés avec des nervures bien placées au point de vue de la résistance.

Il trouve que la disposition de la coulisse serait défectueuse, si l'on devait marcher avec la coulisse en partie relevée, mais en Angleterre on ne l'utilise généralement pas comme organe de détente. Cette habitude a sans doute été prise lorsque le bas prix du charbon permettait de ne pas se préoccuper de la consommation et elle persiste encore aujourd'hui. Les cylindres sont aussi dépourvus d'enveloppes de vapeur[1].

Il cite le modèle de la machine de 1350 chevaux du *Minotaure* et du *Northumberland*. Ce modèle, qui représente l'une des machines les plus puissantes qui aient été construites, a été donné par M. Penn au Conservatoire des Arts et Métiers.

Cette machine est, comme celle du *Sapho*, à 2 cylindres et à fourreau. Cette disposition est plus simple que celles qu'on cherche à introduire maintenant dans la

1. Cette assertion est contestée par M. Normand.

construction des machines marines; mais la grande surface refroidissante du fourreau doit entraîner une forte dépense de vapeur et, par conséquent, de combustible.

M. Pérignon décrit ensuite les machines exposées par MM. Ravenhill et Saltked, de Londres.

Ces constructeurs ont présenté un modèle de machines oscillantes à roues, qui est la reproduction d'un type bien connu, sans présenter aucune disposition nouvelle. Ils exposent aussi un modèle de machines à hélice.

Cette machine a deux condenseurs à surface placés à l'avant et à l'arrière de la machine; le mécanisme des glissières et des bielles se trouve à côté de ces caisses. Le changement de marche se fait par un petit cylindre à vapeur, chargé de relever et d'abaisser les coulisses. L'action brusque de cette transmission est atténuée par un cylindre rempli d'eau accouplé au premier. On obtient, en réglant l'orifice de sortie de cette eau, des mouvements aussi lents qu'il est nécessaire.

Dans cette machine de MM. Ravenhill, la circulation de l'eau dans les condenseurs est obtenue au moyen de pompes rotatives mues par des machines spéciales.

M. Maudslay expose un modèle de machine à hélice.

Dans le modèle de l'*Azincourt*, de 1350 chevaux, la vapeur arrive dans des tiroirs de détente à lanterne; ces tiroirs reçoivent leur mouvement d'une série de 15 roues d'engrenage.

M. Pérignon fait au tableau un croquis de cette disposition. Dans cette machine. l'accès de toutes les pièces est partout d'une grande facilité.

Plusieurs modèles de bateaux à roues sont aussi exposés par M. Maudslay.

Il cite une machine à roues, modèle de la *Mersey* et de l'*Apa*. La disposition adoptée ne se distingue de celle de Ravenhill que par son entablement bien étudié, qui est supporté par des colonnettes en fer placées obliquement.

Cette disposition très-légère exige que la coque ait une grande solidité.

Il indique encore le modèle d'une machine de 800 chevaux, qui a été exécutée pour le vice-roi d'Égypte et pour le yacht de la reine, l'*Osborn*.

Dans ce yacht, les deux cylindres sont juxtaposés et laissent entre eux l'espace nécessaire aux glissières. Un joug, en forme de T en fer forgé, réunit les deux tiges. Les deux cylindres sont boulonnés sur un socle formant condenseur.

Il ajoute que cette disposition exige des tiroirs parfaitement réglés.

Il cite enfin un autre modèle d'une machine à trois cylindres. Douze machines de 120 à 1150 chevaux sont établies sur ce type. Les boîtes à vapeur sont d'une forme inusitée. Les tiroirs sont doubles et placés sur les cylindres. Les glaces de ces tiroirs, au lieu d'être dans un même plan, forment un angle dans lequel la circonférence du cylindre vient s'inscrire. De cette façon, les espaces nuisibles sont très-amoindris.

Les condenseurs sont à surface; ils sont portés par une espèce de bâche dans laquelle les pompes à air sont noyées.

MM. Humphries et Tennant ont exposé le modèle de la machine de 1100 chevaux. pouvant développer 6600 chevaux.

On retrouve dans cette machine, qui a été construite pour le *Monarch*, la pureté de forme des machines de M. Penn. Toutes les pièces de fonte ont été étudiées de manière à ne laisser apercevoir aucune saillie ou nervure. Cette disposition bien réussie donne un grand cachet de simplicité à l'ensemble.

M. Pérignon critique la disposition de la coulisse qui a son point de suspension sur le tuyau d'échappement. Il ajoute que ce tuyau peut difficilement supporter d'une manière rigide, le poids des organes de la distribution.

Les machines du *Monarch* ont des condenseurs à surface, dans lesquels la vapeur circule à l'intérieur des tubes.

Il trouve que cette machine est la mieux disposée des machines horizontales exposées. Mais il est très-difficile de juger des détails d'exécution sur un modèle.

Les mêmes constructeurs ont aussi exposé un modèle de la machine de 500 chevaux du vaisseau à tourelle *Prince-Albert*.

Cette machine est à deux cylindres avec un condenseur unique dans lequel la condensation se fait par injection.

On retrouve encore dans cette machine l'élégance de forme et l'absence de nervures qui distinguent les machines de MM. Humphries.

M. Pérignon remet à une des séances suivantes la suite de sa communication, dans laquelle il passera en revue les machines de canots et les canots eux-mêmes.

M. le Président demande à M. Pérignon si M. Dupuy de Lôme a indiqué le rapport entre le volume des chambres des condenseurs et celui des pompes à air.

N'a-t-on pas considéré l'arrangement du condenseur à surface de M. Penn, comme une annexe provisoire aux anciennes dispositions de la machine, improvisée pour ne rien changer à celles-ci ?

M. le Brun demande si dans la machine de la *Sapho* les tiroirs sont équilibrés : il trouve les coulisseaux de très-faible dimension, par rapport aux pressions qu'ils ont à supporter.

M. Vallance fait observer que dans la machine de MM. Humphries et Tennant la coulisse est bien fixée sur le coude du tuyau d'échappement, mais que ce coude est fondu en bronze, d'une épaisseur telle qu'il constitue un support parfaitement rigide.

La distance qui existe entre le point d'application de ce tuyau sur le cylindre et le point d'application de la coulisse est seulement égale à l'épaisseur de la boîte à tiroir.

M. Gaudry a remarqué que dans les chambres des machines à fourreau la température de ces chambres est toujours très-élevée, par suite de la déperdition de chaleur produite par le passage des fourreaux.

M. Pérignon ne croit pas que M. Penn ait construit son condenseur à surface comme une annexe improvisée, pour ne rien changer aux anciennes dispositions de la machine ; c'est bien de parti pris sur les avantages de cette disposition que M. Penn l'a adoptée.

Il ajoute que dans cette machine les tiroirs sont équilibrés ; il serait impossible de mettre en mouvement de pareils masses au moyen de la coulisse, telle qu'elle est disposée, si toutes les pièces n'étaient pas équilibrées.

Il maintient ce qu'il a dit au sujet de la machine de M. Humphries ; la disposition adoptée pour la position de la coulisse n'est pas heureuse, et il faut une maison aussi autorisée que celle de MM. Humphries pour oser employer une disposition aussi hardie.

M. le Président remercie M. Pérignon de son intéressante communication, et l'invite à la compléter à la prochaine réunion.

MM. Charbonnier, Duparc, Lantrac, Levassor et Nouguier ont été reçus membres sociétaires. Et MM. Laumond et Oeschger, membres associés.

Séance du 18 Octobre 1867.

PRÉSIDENCE DE M. FLACHAT.

Le procès-verbal de la séance du 27 septembre est adopté.

M. URBAIN fait une communication relative au nouveau régulateur que M. Abadie désigne sous le nom de régulateur à toupie.

Le régulateur de M. Abadie repose sur un principe nouveau, assez différent de ceux qui ont servi, jusqu'ici, de bases à ce genre d'appareils. — Voici en quelques mots sa théorie :

On sait qu'un corps, animé d'un mouvement rapide de rotation autour de son axe, peut se soutenir sans tomber, lorsque celui-ci est libre lui-même de tourner autour d'un second axe vertical concourant. — C'est là le phénomène vulgaire que présente la toupie. En cherchant à établir entre les forces en jeu une équation d'équilibre relatif dans un plan vertical passant par les axes de rotation, on arrive à la condition :

$$Pl + W^2 (I_y - I_x) \text{Cos. } \alpha - WW' I_x = 0. \qquad (1).$$

formule pour la démonstration de laquelle nous renvoyons à l'excellent traité de mécanique de M. Bélanger.

P, étant le poids de la toupie,

l, la distance de son centre de gravité au point d'appui, ou point de concours des axes de rotation,

W', la vitesse angulaire de la toupie autour de son axe,

W, la vitesse angulaire de ce dernier axe autour de la verticale,

I_x, le moment d'inertie de la toupie par rapport à son axe,

I_y, le moment d'inertie de la toupie par rapport à un axe qui, passant par le point d'appui, serait perpendiculaire au plan des deux autres,

α, l'angle de l'axe de la toupie avec la verticale.

Lorsque l'axe de la toupie est horizontal, la formule se réduit à

$$Pl = WW' I_x,$$

équation qui sera satisfaite pour des valeurs données de P, l, et I_x, tant que le produit WW' restera constant,

S'il arrive donc que l'équilibre étant établi dans cette position, l'une des vitesses W ou W' varie, il faudra, pour que la toupie continue à se soutenir, que l'autre varie en sens inverse, de façon à maintenir la même valeur au produit WW'. Supposons qu'au contraire, par des moyens mécaniques, on oblige les deux vitesses considérées à être proportionnelles l'une à l'autre, de telle sorte, par exemple, que $W' = nW$, la formule devient

$$Pl = nW^2 I_x,$$

c'est-à-dire que, *pour ce sens de rotation*, l'équilibre n'est possible que pour une seule valeur de W. Par conséquent, si la vitesse angulaire de la toupie autour de son axe vient à diminuer, celle autour de la verticale diminuant aussi (au lieu d'aug-

menter pour soutenir la toupie), les deux effets s'ajouteront, et l'axe de celle-ci s'abaissera. Il s'élèverait dans le cas contraire, et l'on pourra utiliser ces mouvements pour commander une valve, ou régulariser un mécanisme quelconque. Remarquons qu'un régulateur ainsi construit ne serait pas isochrone, puisque, dès que l'axe de la toupie s'incline à l'horizon, le terme $W^2 (I_y - I_x) \cos. \alpha$ de la formule (1), acquérant une valeur sensible, l'équilibre ne subsiste plus dans ces positions pour une même vitesse W ; mais M. Abadie parvient à réaliser un isochronisme rigoureux en fixant sur la cage qui, en pratique, supporte la toupie, deux masses égales, dont les centres de gravité sont situés sur une droite menée dans un plan vertical, au point de concours des deux axes de rotation, perpendiculairement à celui de la toupie. Ces deux masses sont placées à égale distance et de chaque côté de ce dernier axe. Enfin elles affectent la forme particulière de solides symétriques par rapport à deux plans, dont l'un est le plan vertical des deux axes de rotation, et l'autre un plan perpendiculaire à ce dernier, passant par la droite qui contient leurs centres de gravité. M. Abadie fait toutefois observer qu'il convient, afin de simplifier les calculs, de les faire *en même temps* symétriques par rapport à d'autres plans menés par l'intersection des deux premiers et faisant avec eux des angles de 45 degrés (la forme de solides de révolution autour de la ligne des centres de gravité, qui sera la plus commode et la plus convenable en pratique, en est encore un cas particulier); car si on désigne alors par I'_x le moment d'inertie de chaque masse autour de cette dernière ligne, et par I'_y le moment d'inertie de chacune d'elles autour de l'axe qui a déjà servi à déterminer $_y$, il suffira de choisir leur dimensions, de telle sorte que l'on ait

$$I'_y - I'_x = \frac{I_y - I_x}{2}.$$

Dans le cas où ces masses sont assez petites par rapport à leur écartement mutuel, l'on pourra remplacer approximativement $I'_y - I'_x$ par

$$\frac{P'}{g} l'^2,$$

P′ étant le poids de chacune d'elles, l' leur distance à l'axe de la toupie, et g l'accélération due à la pesanteur, et déterminer à l'aide de la relation

$$P'l' = g \frac{I_y - I_x}{2}$$

l'une des quantités P′ ou l', quand on se sera donné l'autre *à priori*.

Pour réaliser un régulateur basé sur ce principe, il suffira d'installer la toupie sur une cage portée par des tourillons creux qui, laissant à l'axe de celle-ci la faculté de se mouvoir dans un plan vertical, permettront de la commander à l'aide d'une transmission passant par leur centre. Cette transmission devra s'effectuer de telle sorte que le mouvement de la toupie, dans son plan vertical, n'en soit pas gêné. Il faudra de plus que la cage qui la porte, recevant de la machine un mouvement de rotation uniforme autour d'un axe vertical, ce soit ce dernier mouvement qui commande celui de la toupie dont la vitesse lui sera alors proportionnelle.

Un pareil problème serait facile à résoudre immédiatement si l'on se contentait de commander la toupie par un cordon sans fin passant dans les tourillons, et qui, pouvant se tordre sans inconvénient sur lui-même d'une petite quantité, laisserait à la toupie toute liberté. Mais on sait combien l'emploi de cordons laisse à désirer en pra-

tique, tant par les glissements que par les variations de tension qui surviennent à chaque instant; aussi M. Abadie s'est-il proposé de n'employer que des systèmes commandés uniquement par engrenages.

Sur un premier dessin que M. Urbain soumet à la Société, on voit que la toupie en forme de tore est soutenue, comme il a été dit, par une cage portant deux tourillons creux, horizontaux et perpendiculaires à son axe. Elle est placée en porte-à-faux, de façon que la pesanteur tende à la ramener vers le bas, et reçoit son mouvement de rotation par un pignon conique fixé sur son axe, que commandent deux engrenages dont les axes passent au centre des tourillons creux. Ces derniers axes se terminent extérieurement aux tourillons par deux pignons commandés eux-mêmes par deux grandes roues, que porte un arbre transversal parallèle aux tourillons, et situé à une certaine distance au-dessous de ceux-ci. Un bâti, terminé à sa partie supérieure par deux fourchettes qui soutiennent les tourillons de la cage, porte cet axe transversal et se termine inférieurement par un axe vertical creux dont la rotation doit imprimer le mouvement à tout le système. On conçoit que si l'on a eu le soin d'interposer sur l'un des côtés entre l'une des grandes roues et son pignon, un engrenage qui renverse le mouvement, et de conserver égaux de part et d'autre les rapports des diamètres des pignons à ceux des grandes roues, l'arbre transversal entraînant ces dernières dans sa rotation, obligera la toupie à tourner, en n'exerçant sur elle qu'un couple. Mais un pareil système ne laisserait à l'axe de la toupie aucune liberté de se mouvoir dans un plan vertical, si l'on n'avait soin de monter les grandes roues sur des canons creux, fous sur l'axe transversal. Une roue conique, que cet arbre entraîne avec lui, et dont l'axe lui est perpendiculaire, est en prise de chaque côté avec la denture de deux autres roues coniques, fixées aux canons creux, qui sont ainsi entraînés à leur tour dans sa rotation. Il est facile de se rendre compte qu'avec cette disposition l'inconvénient signalé plus haut disparaît.

Il ne reste plus pour relier le mouvement de l'arbre transversal à celui de l'arbre vertical creux qui porte tout le système, qu'à munir l'une des extrémités du premier d'un pignon conique qui, roulant sur une circonférence fixe dentée, extérieure à tout l'appareil, recevra une vitesse de rotatiou proportionnelle à celle de l'autre arbre.

Quant à l'utilisation des mouvements que la cage effectue autour de ses tourillons, elle se fera très-simplement à l'aide de leviers articulés, supportés par le bâti, et aboutissant à une tige qui passe au centre de l'arbre creux vertical. Cette tige portant à sa partie inférieure un manchon à fourchette, pourra commander directement la valve régulatrice.

M. Abadie fait remarquer que la disposition d'engrenages employée ci-dessus est susceptible d'autres applications, et pourrait être adoptée toutes les fois que l'on aura à commander un axe auquel on veut laisser toute faculté de se mouvoir dans un plan. Qu'enfin, si l'on combine avec le premier un second système analogue, laissant aussi toute latitude d'orientation dans un deuxième plan, qu'il sera bon de choisir perpendiculaire au premier, l'on peut arriver à commander un axe, en lui conservant une entière liberté de s'incliner d'une façon quelconque, tout en l'obligeant à tourner sur lui-même avec une vitesse déterminée.

— Le régulateur que nous venons de décrire est d'une construction compliquée, à cause du nombre d'engrenages qu'il renferme, et par suite peu susceptible d'applications; aussi M. Abadie a-t-il cherché à le simplifier en vue de son emploi dans la pratique, et il lui a suffi pour cela de s'appuyer à la fois dans son agencement sur

le principe déjà énoncé et sur le suivant, qui commence à être utilisé aujourd'hui comme moyen de régularisation. Imaginons qu'un volant soit emmanché par son moyeu préalablement taraudé sur un arbre fileté qui participe au mouvement de la machine, et supposons que le système ait à un moment donné un mouvement commun. On voit que si la machine vient à se ralentir, le volant continuant à se mouvoir en vertu de la vitesse acquise s'avancera sur l'arbre, grâce au mouvement relatif qu'il prendra par rapport à celui-ci. Si le mouvement de la machine s'accélère au contraire, le volant, que son inertie empêche de participer immédiatement à cet accroissement de vitesse, se trouvera dépassé par l'arbre, jusqu'à ce que le frottement lui ait communiqué la vitesse de celui-ci.

Pour appliquer ce principe au régulateur à toupie, il suffit de supprimer les trois engrenages coniques de l'arbre transversal sur lequel on monte alors directement l'une des grandes roues, et de supprimer enfin, du côté opposé, la transmission avec roue intermédiaire qui commandait aussi la toupie. L'appareil est bien simplifié de la sorte, puisque le nombre d'engrenages est réduit de plus de moitié. On pourrait, il est vrai, objecter que la toupie n'étant, dans ce cas, commandée que sur un des côtés, doit être soulevée ou abaissée par la résistance (selon le sens du mouvement) qu'elle oppose à l'engrenage qui la commande. Mais il est facile de s'assurer que dans la période de temps où la machine possède un mouvement uniforme, cette résistance se réduisant au frottement de la toupie sur ses coussinets, son effet est assez minime, comparé à celui du couple qui la soutient. Comme cette résistance est d'ailleurs à peu près constante, et que l'axe de la toupie, dans toutes ses inclinaisons possibles, ne fait jamais un grand angle avec l'horizon, on peut dire que son effet correspond sensiblement à celui d'une petite surcharge qui serait placée sur l'axe de la toupie, et négliger par suite, quant à ce qu'elle a de fâcheux pour l'isochronisme, cette force perturbatrice. Mais si l'on suppose qu'à un moment donné le mouvement de la machine s'accélère ou se ralentisse, les nouvelles forces d'inertie qui vont se développer dans la toupie et réagir sur le mécanisme qui la commande, loin de nuire à la bonne marche du régulateur, ne feront qu'en accroître la sensibilité. On conçoit, en effet, que si l'on a, par exemple, affaire à une accélération de la machine, l'engrenage qui attaque le pignon de la toupie ayant à vaincre l'inertie de celle-ci, tendra à la soulever. Si le mouvement se ralentit, au contraire, la toupie continuant à tourner en vertu de sa vitesse acquise, son pignon se déplacera d'un mouvement relatif par rapport à l'engrenage qui le commande, et le système tendra à s'abaisser. L'on voit en un mot que ces effets seront de même sens que ceux du couple qui soutient la toupie.

M. le Président invite M. Normand à décrire à la Société les régulateurs dont on a essayé l'emploi dans la marine.

M. Normand demande à présenter d'abord quelques observations sur les régulateurs appliqués aux machines fixes. Il en a expérimenté de divers systèmes et il a constaté que, dans la généralité des applications, tous sont loin de fournir les résultats qui, à première vue, paraissent devoir être si facilement et si complétement réalisés. Il croit pouvoir donner la raison de ces mécomptes qui ont plus particulièrement atteint les régulateurs qui avaient été dotés des plus complets éléments de rapidité d'action et de sensibilité.

On a jusqu'ici considéré à tort ces dernières qualités comme la clef de la solution de

la régulation des machines; nous allons montrer ce qui se passe lorsque ces conditions ne sont pas accompagnées d'éléments plus importants encore.

Ainsi par exemple, une machine a pour tâche de surmonter une résistance sensiblement constante (ce qui constitue évidemment le cas le plus favorable) de 50 chevaux, et elle est munie d'un régulateur tellement sensible que pour une variation de vitesse de *un* tour par minute, la puissance développée est modifiée de 10 chevaux en plus ou en moins.

Nous devons bien considérer ici que l'équilibre nécessaire entre la puissance et la résistance peut être maintenu non-seulement par la constante égalité des deux termes, mais aussi par un état *oscillatoire* de la puissance, celle-ci variant incessamment, par exemple, dans le cas que nous considérons, entre 40 et 60 chevaux, entre 30 et 70 chevaux ou même entre 20 et 80 chevaux.

Il suffira des plus faibles inégalités de la résistance pour faire naître et entretenir cet état d'instabilité, de tous points comparable à un pendule auquel une suspension d'une extrême sensibilité laisserait prendre des mouvements excessifs sous l'influence des plus faibles perturbations.

Ces considérations nous montrent que la première et infranchissable limite des oscillations de la puissance est le taux maximum de force de la machine par rapport à la résistance, ce qui est évidemment d'accord avec la pratique constante, qui établit que plus une machine est chargée plus elle est facile à régler.

On demandera évidemment quels sont alors les éléments qui empêchent les actions oscillatoires de se produire dans les cas nombreux et incontestables où la pratique nous présente des machines bien régularisées.

La réponse, suivant M. Normand, est dans l'intervention de l'un ou de l'autre des deux ordres de faits suivants, et plus généralement dans leur action réunie :

1° Lorsque le travail à effectuer est de telle nature que la *résistance* s'accroît rapidement avec la vitesse, ce qui arrive toutes les fois qu'une partie notable de la force est employée à mouvoir rapidement des organes dans des fluides, eau ou air, comme cela a lieu dans les mouvements hydrauliques et surtout dans les filatures et les autres industries relatives à la fabrication des tissus.

On saisira facilement la différence radicale qui existe entre cette action, qui *absorbe* les causes productives de l'accélération au lieu de les incorporer dans des masses qui interviennent immédiatement après, avec le fonctionnement normal de la puissance.

2° Lorsque la vapeur fonctionne avec un étirage ou un étranglement considérable, soit à l'entrée, soit dans toutes les phases de la distribution, ce qui produit une *réduction d'effort moteur* à mesure que la machine s'accélère et un effet inverse lorsqu'elle se ralentit.

Cette action régulatrice existe à un degré important dans presque toutes les machines, et l'intervention presque générale du robinet de prise de vapeur l'introduit ou la complète pour tous les appareils.

On peut établir, d'ailleurs que, de toutes les machines, celles où la vapeur est le plus mal distribuée sont précisément celles qui sont les plus faciles à régler, et celles qui fonctionnent sans condensation plus que les autres; la contre-pression de l'atmosphère constituant une véritable dépense de force diminue l'influence relative des variations de la charge.

Suivant M. Normand, c'est à l'intervention de ces deux ordres de faits que l'on doit tous les exemples constatés de bonne régulation; en dehors de l'une ou l'autre de ces conditions, le problème de la régulation de toute force motrice lui

paraît complétement insoluble ; le fonctionnement d'une machine déréglée n'est à proprement parler qu'un état où les écarts excessifs de vitesse peuvent donner naissance aux actions indispensables qu'il vient de décrire.

Le fonctionnement des machines marines réclame souvent aussi l'adjonction de régulateurs, mais d'une nature sensiblement différente.

Ici l'action régulatrice due aux variations de la résistance pour chaque degré de vitesse, se manifeste au plus haut degré, de telle sorte que toute la puissance développée à chaque instant est complétement dépensée sinon parfaitement utilisée. A ce point de vue l'action d'un régulateur est complétement inutile.

Mais, dans les extrêmes agitations de la mer, il arrive que celle-ci se dérobe en grande partie, et parfois même complétement, à l'action du propulseur, et les masses en mouvement dans la machine étant peu considérables, eu égard à la puissance développée, il se produit une accélération pour ainsi dire foudroyante, et la sécurité des organes est compromise non pas tant par la vitesse excessive qui leur est imprimée, que par la réaction soudaine que rencontrent les masses en mouvement, lorsque le propulseur retrouve à nouveau son point d'appui sous une différence de vitesse quatre ou cinq fois plus considérable que dans le travail régulier.

Ces *emportements* se produisent non-seulement dans les machines à hélice, mais aussi dans les machines à roues, et si pour celles-ci les masses plus grandes en mouvement rendent l'écart de vitesse moindre, les conséquences pour la sécurité des organes sont plus sérieux encore.

Dans les deux cas, le moment critique est celui où le propulseur vient choquer l'eau non-seulement sous l'action de la force motrice incessamment fournie, mais en plus avec la puissance qui a été accumulée dans les masses pendant la période où le propulseur s'est trouvé sans résistance. Dans le cas des machines à roues, ce retour de la résistance se manifeste souvent sur *une seule* des deux roues, qui doit ainsi dépenser toute la force de la machine et la force vive accumulée en elle-même et dans *l'autre roue*.

C'est à cette action que sont dues les ruptures fréquentes des arbres, bâtis et entablements des machines marines, malgré leurs dimensions largement renforcées comparativement aux machines de navigation intérieure : dans beaucoup de compagnies de navigation ces ruptures se sont reproduites au taux de *une* par bâtiment et par *année!* Des millions ont été et seront encore perdus de la sorte. En cinq années, de 1849 à 1854, les quatre paquebots transatlantiques Collins avaient rompu *vingt-trois* arbres. Dans les malles rapides d'Irlande, des arbres ont été cassés au bout de huit jours de service, et il a fallu pour restreindre ces accidents opérer une réduction dans le régime de la puissance et de la vitesse.

Un bon régulateur pour les machines marines est donc un appendice de la plus grande importance.

Un des premiers qui aient été employés avec succès est celui de Mériton, son fonctionnement est toutefois assez inégal et incertain. Dans l'opinion de M. Normand le plus parfait est celui de Miller et Knills de Londres, qui a été présenté à l'Exposition par M. Malo de Dunkerque, leur représentant.

Cet appareil se compose essentiellement d'un volant assez puissant, tournant d'un mouvement rapide, rattaché par l'intermédiaire d'un ressort et d'une hélice à la poulie de réception, cette dernière ne possédant pas une puissance d'entraînement trop considérable. Ces conditions sont importantes, comme on va le voir.

Dès que l'allure de la machine subit une accélération soudaine, l'inertie du volant

faisant obstacle à cette modification, les situations respectives de la poulie commandée par la machine et du volant régulateur se trouvent instantanément altérées, le déplacement angulaire est transformé en mouvement longitudinal par le pas de vis dont il a été parlé, et un mécanisme accessoire dont la description est inutile opère la fermeture de la valve d'entrée de vapeur.

L'emploi de la courroie et la limitation de sa puissance d'entraînement ont pour but d'empêcher le volant d'acquérir trop promptement l'accroissement de vitesse de la machine, auquel cas l'action modératrice cesserait trop tôt.

Il faut donc que, pendant un temps variant de 3 à 5 secondes environ, la courroie glisse sur la poulie de réception, la fermeture de la valve continuant ainsi à être maintenue par la différence entre l'allure *modérément accélérée* de la machine et celle toujours sensiblement constante du volant régulateur.

Séance du 25 Octobre 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 4 octobre est adopté :

M. Pérignon rappelle que, dans les précédentes séances, il a entretenu la Société des machines marines anglaises exposées au Champ de Mars. Pour terminer ce qui est relatif aux constructeurs étrangers, il n'a plus que deux appareils à étudier : celui de M. Westermann, de Gênes, et celui de M. Carlsund, de Motala.

Le premier est loin d'être le plus mauvais de ceux exposés, et il a été récompensé par une médaille d'argent. Le groupement général est bon, les organes bien dégagés facilitent l'entretien ; l'exécution seule laisse encore à désirer.

M. Carlsund expose une machine à pilon, sans condensation, pour hélice. Cette machine, d'une force de 10 chevaux environ, se distingue par une excellente exécution, l'étude des formes et des pièces de fonte d'une belle venue. Un bâti très-solide, tenant à la fois du bâti en A et du bâti à colonne, porte le cylindre et les boîtes à tiroir. Ces dernières sont formées de cylindres creux en bronze ; elles distribuent en démasquant des lumières circulaires qui donnent de grandes sections avec des tiroirs sans frottement. Les cylindres en bronze ne paraissent pas avoir de garniture, mais les fuites inhérentes à ce mode de distribution sont atténuées, parce que le tiroir de détente et celui de distribution présentent un double obstacle au passage de la vapeur.

La particularité qui distingue cette machine est son mode de détente. Il n'y a que deux excentriques : l'un de marche avant, l'autre de marche arrière, commandant une seule coulisse, mais double. M. Carlsund a eu l'idée très-ingénieuse de profiter du mouvement inverse des deux extrémités de la coulisse, pour produire la détente. A cet effet, la coulisse est fixe et les bielles de tiroir mobiles. Pour mettre en marche, les deux bielles sont poussées vers une extrémité de la coulisse et les tiroirs distribuent simultanément. Aussitôt que l'on veut détendre, on écarte la bielle du tiroir de détente de celle du tiroir de distribution, d'autant plus que

l'on veut détendre davantage. Les deux tiroirs marchent en sens contraire et sont dans d'excellentes conditions pour couper brusquement l'arrivée de vapeur. Cette machine présente encore une ingénieuse disposition pour faire dépasser le point mort, sans que le levier moteur puisse jamais être entraîné dans le mouvement de la machine et blesser le mécanicien. Il faut signaler aussi la position de l'arbre dont les paliers se trouvent en dessous du bâti. Cela permet de faire descendre l'arbre aussi bas que possible dans le navire sans avoir recours à des bâtis de forme compliquée.

Une seule chose mérite d'être critiquée, c'est la position des clapets de la pompe alimentaire. Ils sont derrière la bielle, et il est impossible de les visiter pendant que la machine fonctionne. Un simple raccord permettrait de les mettre en dehors du bâti dans une position commode. M. Carlsund avait déjà exposé, en 1855, une machine remarquable à deux cylindres à 45°, qui avait obtenu le grand prix.

Au lieu d'avoir ses bielles accouplées sur la même manivelle, comme on le fait ordinairement dans les machines à 45°, elle avait ses bielles attachées à deux manivelles diamétralement opposées. Il résultait de cette disposition que l'équilibre des pièces en mouvement était presque complet, car elles s'éloignent et se rapprochent presque simultanément de l'axe de figure. En second lieu, si on étudie la courbe des moments moteurs obtenue avec cette disposition, on trouve que la régularité est bien plus grande pour une même introduction. Ces deux considérations ont une importance capitale, surtout à notre époque, où les machines à allure rapide, avec faible introduction, sont les plus en vogue.

M. Pérignon ajoute que l'équilibre des pièces en mouvement et la régularité de la rotation doivent contribuer à diminuer les trépidations si désagréables et si nuisibles aux passagers, aux marins et aux navires.

M. Pérignon a déjà indiqué une machine pour chaloupe de M. Penn; cette élégante construction mérite une mention toute particulière, comme tout ce qui sort des ateliers de Greenwich. La machine et la chaudière forment un ensemble semi-fixe, destiné à mouvoir une paire d'hélices, et qui peut à volonté être enlevé ou replacé dans l'embarcation qu'il est destiné à mouvoir. La chaudière en tôle d'acier est du type locomotive; de chaque côté de la boîte à feu est fixé un système de deux machines à angle droit commandant les arbres des hélices. Toutes les formes des pièces constituant ces appareils sont d'une simplicité et d'une légèreté très-grandes, l'exécution atteint la perfection; il est à regretter seulement que les tiges des pistons ne soient guidées que par une simple douille. A grande vitesse, cela doit user très-vite. Cette machine fonctionne à haute pression, le manomètre est gradué jusqu'à 100 livres, elle exige donc des caisses à eau douce pour naviguer à la mer.

M. Rennie expose une machine analogue, également pour chaloupe à deux hélices, qui, moins simple que celle de M. Penn, présente une innovation très-intéressante.

Elle est munie d'un condenseur, ou plutôt d'un régénérateur d'eau douce à surface, car il n'y a pas de pompe à air, et la condensation se fait sensiblement à la pression atmosphérique.

On évite ainsi de charger l'embarcation de lourdes caisses à eau, et l'on peut faire un trajet d'une durée très-longue. C'est un très-grand avantage. En outre de ce perfectionnement, la chaudière est à retour de flamme, ce qui vaut mieux que le type locomotive pour la navigation. La machine, au lieu d'avoir double cylin-

dre, n'en a qu'un seul, et les pièces sont plus fortes que celles de M. Penn, et plus aptes à supporter sans usure de très-grandes vitesses. La seule critique à faire de cet appareil, est dans le moyen employé pour faire fonctionner la pompe centrifuge réfrigérante. M. Rennie emploie un engrenage et un pignon qui, à des vitesses de 1,000 ou 1,100 tours à la minute, ne doivent pas avoir un bon fonctionnement. Il eût été préférable de placer cette pompe directement sur l'arbre de l'hélice, qui fait 300 à 320 tours, en triplant le diamètre de la pompe, qui est de 15 cent. environ; on aurait eu la même vitesse à la circonférence et le même débit.

En tout cas, le principe reste excellent; voici les résultats d'un essai :

		Sans condenseur.	Avec condenseur.
Puissance nominale	5 chevaux.		
Tirant d'eau avant	0m.61	»	»
— arrière	0m.91	»	»
Charge des soupapes		5ko.60	5ko.51
Tours moyens		326 1/2	328
Pression moyenne aux cylindres par centimètre carré		3ko.80	4ko.05
Puissance indiquée en chevaux		30ch.7	32 8
Vitesse		7 nœuds 9	8 nœuds.
Déplacement du canot	10 tonn. 1/2.	»	»
Poids de l'appareil avec son eau	3,200 kil.	»	»

On voit que l'emploi du condenseur a augmenté de 1 dixième la puissance développée, sans doute en diminuant la contre-pression. Il est juste d'ajouter que le tirage se trouve supprimé et qu'il faut avoir recours à un jet de vapeur.

M. Normand demande à présenter quelques observations sur les machines marines.

Il a fait lui-même des applications nombreuses des éléments nouveaux de progrès dans les moteurs de la navigation : la surchauffe de la vapeur, la double détente et la condensation par surfaces. Mais il ne veut pas aborder ces questions étendues, dont chacune mérite d'être traitée à part. Il demande seulement à discuter à fond quelques autres points d'une importance capitale que soulèvent impérieusement l'examen et la comparaison des divers types présentés par les ingénieurs de la France et de l'Angleterre.

M. Normand croit qu'on se préoccupe sans nécessité des moyens d'entretenir le courant réfrigérant dans les condenseurs à surfaces. Le bon fonctionnement de ces appareils comporte des difficultés de divers genres, mais la circulation de l'eau de mer est si facilement réalisée que dans les bâtiments qui ont été munis par lui de condenseurs à surfaces, le courant a toujours été produit par la seule disposition des orifices d'entrée et de sortie, et même, dans les bâtiments de faible vitesse, l'affluence de l'eau est si abondante que la différence de température à l'entrée et à la sortie ne dépasse pas 1 ou 2 degrés.

La nécessité d'employer des pompes rotatives ou autres moyens pour entretenir la circulation est donc contestable et se trouverait restreinte aux cas très-rares où la machine devrait fonctionner, le bâtiment étant arrêté, par exemple, dans un échouage.

M. Normand signale en outre les belles dimensions des condenseurs employés par M. Penn. La machine à fourreau présente, ainsi que le mouvement à bielle directe,

l'avantage de laisser tout un côté de la machine libre de pièces mobiles. L'éminent constructeur de Greenwich en a tiré parti pour donner à l'appareil tubulaire de condensation, dont les fonctions, bien qu'inverses, sont exactement comparables en importance avec celles de l'appareil de vaporisation, des dimensions qui lui font défaut dans presque toutes les autres machines exposées ; et cela tout en conservant à l'ensemble ses facultés d'accès et de circulation, qui avec tant d'autres qualités caractérisent le dernier modèle de J. Penn.

M. Normand doit aussi rectifier une erreur qui s'est glissée dans le travail de M. Pérignon.

La machine suédoise à cylindre annulaire de détente entourant un cylindre d'admission, qui figurait à l'Exposition de Londres 1862, n'était pas de M. Carlsund, mais bien de M. Bergsund.

A ce propos, M. Normand croit utile de faire remarquer que la faveur incompréhensible qui avait accueilli la machine marine de M. Carlsund à l'Exposition de 1855 est parfaitement dissipée aujourd'hui. Le type inauguré par cet ingénieur n'a pas fait école, et de l'ensemble des dispositions qui le constituaient il n'a guère survécu que son piston, le *piston suédois*, dont l'emploi se justifie dans les circonstances où l'extrême légèreté des parties mobiles est une considération importante, mais qui, dans la généralité des applications, est inférieur aux autres systèmes de pistons. Le piston suédois ne doit sa vogue qu'à son extrême bon marché de construction, et c'est là une pauvre recommandation pour un organe de cette importance et dont le prix ne constitue jamais qu'une bien faible partie du coût total d'une machine à vapeur.

M. Normand pense que, par la disposition des manivelles, la compensation des efforts d'inertie ou centrifuges se trouvait restreinte au seul poids des manivelles et de la partie des bielles animée d'un mouvement sensiblement circulaire. Mais les pistons, les tiges, les bielles et les autres parties, au total beaucoup plus importantes, sont animées d'un mouvement rectiligne, et comme on ne peut, en aucune façon, *compenser une force par une autre force, agissant à angle droit de la première*, toute correction de ce chef pour les efforts les plus intéressants à compenser est absolument nulle. En résumé, la disposition inaugurée par M. Carlsund ne fournissait que cette faible correction, plus simplement obtenue dans tous les arrangements de machines, par de petits contre-poids opposés à chaque manivelle.

En même temps que M. Carlsund présentait sa machine, M. Cavé appliquait dans les machines de 600 et 900 chevaux des vaisseaux *l'Isly* et *l'Eylau* une disposition beaucoup plus parfaite : quatre cylindres, opposés deux à deux, agissant par paires sur des manivelles également opposées.

Cette disposition non-seulement réalisait la compensation absolue de *toutes* les inerties, mais, de plus, elle neutralisait les charges des arbres dans les paliers, et les frottements se trouvaient réduits à environ moitié du taux ordinaire.

Cet arrangement, qui a été critiqué au nom de cet éternel grief « le coût de la construction, » n'a pas été reproduit, bien qu'il ait donné en pratique les meilleurs résultats.

Nous verrons plus loin quels avantages il présentait sous le rapport de la sécurité des arbres, ce point si scabreux des grandes machines à hélices actuelles.

M. Normand rappelle que le principe de la compensation des efforts et des inerties par l'emploi des manivelles opposées a été proposé, pour la première fois, vers 1845, par Bodmer, ingénieur anglais, qui fut l'un des plus énergiques pionniers du progrès dans la mécanique.

Il espère que ses remarques sur la machine Carlsund ne seront pas attribuées à quelque prévention à l'égard de nos confrères si distingués de la Suède. Alors que nous assistons à cette immense expansion de la marine nouvelle, sous l'influence de la vapeur et de l'hélice, ce n'est que stricte justice de rappeler que deux Suédois, Éricson et Holm, ont été des plus actifs promoteurs de la transformation de la machinerie navale : que ce sont eux qui, discernant un élément de puissance où le grand nombre ne voyait qu'un ordre nouveau de graves difficultés, n'ont pas craint d'aborder la commande directe de l'hélice et ont osé, les premiers, franchir les limites suivies depuis les jours de Watt pour la vitesse des machines. Le mouvement à double tige de piston et à bielle en retour, si généralement employé aujourd'hui, a été inauguré par Holm, en 1846, sur la frégate anglaise *l'Amphion*.

Lorsqu'on examine les machines à hélices de tout genre présentées à l'Exposition par les constructeurs anglais, on est frappé du contraste que présentent la simplicité et la légèreté rationnelle de leurs structures ou liaisons (ce que les Anglais appellent *framing*) avec les édifices lourds, compliqués et encombrants qui caractérisent les types exécutés en France; on sent que des ordres d'idées tout différents ont présidé à la création de ces deux espèces, les unes et les autres pourtant destinées à accomplir des fonctions bien simples et parfaitement identiques : faire tourner un arbre.

Pour les constructeurs anglais, le grand arbre à manivelles est la base et la *fondation* véritable du système ; c'est vers lui que convergent tous les mouvements, que gravitent tous les efforts et les liaisons qui doivent les contenir.

Les cylindres, pour la plupart réunis en un bloc parfaitement rigide, ou isolés comme dans la machine de Maudslay, trouvent exclusivement le point d'appui de leur action sur les portées de l'arbre, par l'intermédiaire de petits bâtis isolés, distribuant la réaction de l'effort moteur sur *quatre* points régulièrement espacés sur la circonférence des cylindres, condition excellente au point de vue de la conservation des formes et de la sécurité de ceux-ci.

Les condenseurs et les glissières du mouvement des bielles forment un groupe complétement à part, situé de l'autre côté de l'arbre et rattaché au pied du bâti par une liaison légère et flexible, laissant toute la liberté aux mouvements toujours observés de la structure du navire. La charge des pompes à air étant au plus le *vingtième* de l'effort des pistons, il n'y a aucunement à se préoccuper de cette connexion.

Ces principes de construction ont été, pendant vingt années d'expérience, reconnus fournir toutes les garanties désirables ; ils règnent sans conteste non-seulement en Angleterre, mais encore partout où se construisent des machines à hélice, à l'exception de la France seule.

Les machines françaises destinées à la marine impériale ont été établies dans la pensée de rendre toutes leurs parties rigoureusement solidaires, et on a cru pourvoir le mieux à ce résultat en les établissant sur une plaque de fondation embrassant toute leur étendue.

On doit remarquer tout d'abord qu'à cause de ses dimensions considérables (environ 7 mètres sur 8 dans les machines de 950 chevaux), on a dû diviser cette pièce en *six* fragments, condition qui, jointe à une très-faible dimension en hauteur, lui ôte presque toute valeur au point de vue très-contestable qui pouvait motiver son emploi.

Les cylindres sont tenus presque uniquement par des brides ou oreilles extérieures

horizontales, et la réaction de l'effort moteur (environ 80,000 kil. dans les machines de 950 chevaux) est ainsi soutenue en deux points seulement du périmètre des cylindres. N'y aurait-il pas lieu de chercher de ce côté la raison de quelques ruptures de cylindres qui se sont produites dans de grandes machines?

Dans tous les cas, il résulte de ce système que les éléments du jonctionnement direct des cylindres entre eux sont très-amoindris. Enfin, l'inégalité de dilatation des cylindres, par rapport à la fondation, introduit dans le système des tiraillements et des fatigues qui ne doivent pas être négligés, car les températures étant sensiblement 120° et 60°, la différence de dilatation, sur tout le groupe des cylindres, n'est pas moindre de *six millimètres*.

Nous devons dire ici que « le Creusot » n'emploie, à proprement parler, les plaques de fondation que d'une manière restreinte ; mais il ne retire de cette suppression presque aucun avantage, car toutes les parties supprimées comme fondation sont maintenues comme dépendances des cylindres et des condenseurs.

En résumé, il est au moins douteux que le système pratiqué en France présente plus de solidité et même de *rigidité utile* que le mode suivi par les constructeurs anglais. Il implique très-certainement une augmentation notable de poids des appareils et des dépenses de construction.

Il augmente inutilement le volume de la machine, surtout en hauteur, aux dépens de l'espace si nécessaire pour les consolidations de la coque. Les tracés présentés par la marine impériale montrent que, dans nos vaisseaux, les carlingues longitudinales, élément capital de consolidation, sont complétement absentes.

Cet arrangement a encore pour résultat d'accroître la distance entre les cylindres pour donner place aux brides et aux attaches extérieures.

Dans les machines de 950 chevaux, cette augmentation de distance est de plus de $0^{m}.40$, soit $1^{m}.20$ pour toute la machine.

Mais le plus grave inconvénient est toutefois dans l'augmentation de distance des paliers-coussinets du grand arbre.

Dans les machines de 950 chevaux, dont la course est de $1^{m}.30$, cette distance est portée de $2^{m}.40$ à $2^{m}.80$. Les efforts tendant à plier et à rompre cette pièce capitale de la machine, et dont la conservation est si délicate, se trouvent ainsi accrus dans la même proportion, soit une augmentation de 17 p. 100.

M. Normand ne veut pas traiter à fond cette question spéciale et jusqu'ici trop négligée, la mesure de la fatigue *réelle* des arbres des machines marines. Il se borne à rappeler que ces pièces sont soumises à deux genres distincts d'efforts : un effort de *torsion*, résultat *net* du travail des cylindres, et un effort de *flexion*, qui, dans toutes les machines à faible course, dépasse tellement le premier ordre de fatigue, qu'il reste seul à considérer.

Le mode de construction des grandes machines de la section française vient donc aggraver encore cette situation déjà désavantageuse.

M. Guébhard donne communication de son rapport sur les freins à vapeur.

Diverses communications ont déjà été faites à la Société, sur les systèmes de freins agissant sur les machines. — Les besoins que toutes les compagnies de chemins de fer ont de freins puissants, afin d'exploiter les lignes nouvelles construites avec fortes rampes et aussi pour arriver à une exploitation, en quelque sorte, plus économique et plus sûre des lignes actuelles, ont fait naître de nombreux essais.

Deux systèmes se sont trouvés en présence :

1° *Le frein de M. de Bergue*, qu'on appelle aussi frein à air.

2° *Le frein basé sur la contre-vapeur*, frein expérimenté en Espagne, *sur les indications de M. Le Chatelier*, par M. Ricourt.

Ces deux systèmes ont été décrits dans des séances de la Société, en mars et avril derniers.

Le but de cette communication n'est pas aujourd'hui de revenir sur la description de ces appareils, mais bien de parler des résultats que l'on en obtient ; mais avant d'étudier ces résultats, il est nécessaire de bien spécifier sous quel point de vue on les envisage.

Veut-on un frein d'alarme ou de sécurité, destiné à agir en cas d'accident ou à assurer l'arrêt dans certaines stations situées sur des pentes?

Le frein est-il destiné à fonctionner sur de fortes pentes de peu de longueur?

Doit-il au contraire servir de modérateur à la vitesse sur des pentes de longue étendue?

Dans les deux premières hypothèses, les deux systèmes de freins à air et à vapeur conviennent également : ce sont des freins puissants, ne présentant que peu ou point d'inconvénients, du moment où on s'en sert convenablement.

La question la plus importante est la dernière, *envisageant le frein comme un modérateur*, pour descendre de longues pentes.

1° *Frein de M. de Bergue:* — L'appareil installé par la compagnie des chemins de fer de l'Est, sur les indications de M. de Bergue, devait fonctionner sur des rampes de 20 à 25 millimètres, d'une longueur de 10 à 18 kilomètres. Dans de pareilles conditions, l'échauffement des pièces du mécanisme est compromettant : les tiroirs (régulés) fondent.

Durant les expériences qui ont été faites au chemin de fer de l'Est, l'envoi d'eau et de vapeur dans les cylindres a paru pouvoir être augmenté, mais cette précaution ne pourra encore permettre l'emploi du frein à air, tel qu'il est entendu aujourd'hui.

Le résultat n'est pas celui d'une seule expérience; c'est après avoir recommencé les essais et cherché par tous les moyens à les faire dans les meilleures conditions possibles que l'échauffement est devenu inévitable.

Dans une question aussi importante, il ne doit, il ne peut exister pour personne de parti pris; c'est pourquoi, en essayant les deux systèmes de freins à appliquer aux machines, on avait l'espoir de les voir réussir tous les deux et de pouvoir leur trouver alors à chacun de nombreuses applications et de grands services à rendre.

2° *Frein de M. Le Chatelier.*

Puissance du frein. — Comme puissance, les résultats obtenus sont les suivants :

Avec une machine à 8 roues couplées, d'un poids adhérent de 46 tonnes, à pleine vapeur (7/10 d'admission), la résistance appliquée au contact du rail et des roues motrices a été de. . . . . 3200 kilog.

Au cinquième cran du secteur (3,5/10 d'admission), cette résistance a été de. . . . . 2500 kilog.

Il est intéressant de rapprocher ce chiffre de l'effort de traction développé au même cran par la même machine. — D'après des expériences diverses, cet effort est de. 6350 kilog.

On a donc :

$$F \text{ effort de traction} = 6350$$
$$R \text{ effort de frein} = 2500$$
$$\text{d'où } \frac{R}{F} = 0{,}40.$$

Ainsi, l'effort du frein n'est que 40 p. 100 de l'effort de traction.

Une machine ne peut donc pas descendre la même charge qu'elle monte sur une rampe donnée : il ne faut pas en conclure que la charge que peut descendre une machine n'est que les 4/10 de celle qu'elle peut monter, car dans le sens de la montée, l'effort à produire au contact du rail et des roues motrices pour le remorquage du train est :

$$N\,(i + a) \qquad (1)$$

N étant le nombre de tonnes du train ;
i l'inclinaison de la rampe en millimètres ;
a le coefficient de résistance par tonne du train sur palier.

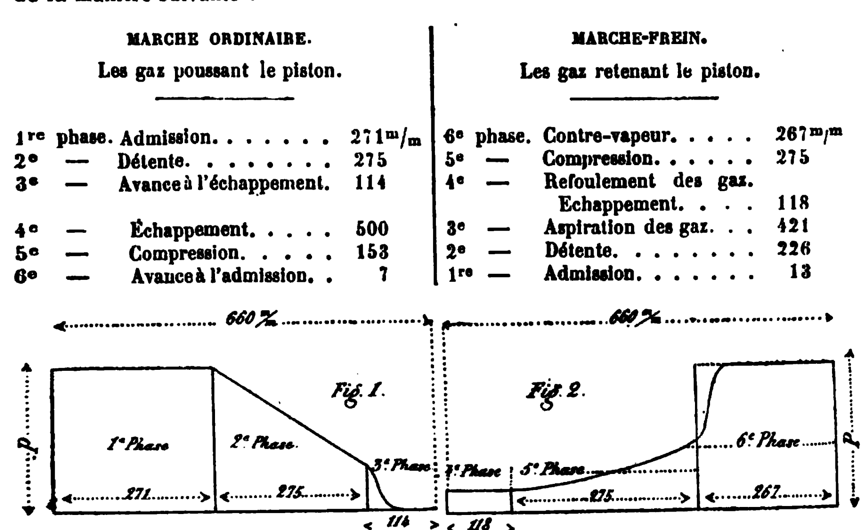
A la descente, la poussée du train est dans les mêmes circonstances :

$$N\,(i - a) \qquad (2)$$

A la différence de (1) et de (2), il faut encore ajouter les résistances propres au mécanisme de la machine, qui, à la descente, viennent agir comme frein.

Pour chercher à expliquer la différence entre l'effort de traction et l'effort du frein, M. Guébhard a fait tracer pour une machine à 8 roues couplées, dont la course du piston est de 0m.66, les épures de la distribution pour la marche avant et pour la marche à contre-vapeur. Au cinquième cran du secteur, il en résulte dans les deux cas les longueurs suivantes pour les 6 phases.

Graphiquement, les phases importantes des deux marches peuvent se représenter de la manière suivante :



MARCHE ORDINAIRE. Les gaz poussant le piston.			MARCHE-FREIN. Les gaz retenant le piston.		
1re phase.	Admission	271 m/m	6e phase.	Contre-vapeur.	267 m/m
2e —	Détente.	275	5e —	Compression.	275
3e —	Avance à l'échappement.	114	4e —	Refoulement des gaz. Echappement. . . .	118
4e —	Échappement.	500	3e —	Aspiration des gaz. . .	421
5e —	Compression.	153	2e —	Détente.	226
6e —	Avance à l'admission. .	7	1re —	Admission.	13

(P = pression dans les cylindres donnée par la pression de la chaudière et supposée la même dans les deux cas).

Il est probable que dans la marche ordinaire, la deuxième phase (détente) agit efficacement, tandis que dans la marche-frein, la cinquième phase (compression) a peu d'influence.

La cinquième phase de la marche ordinaire, correspondant à la deuxième de la marche-frein, doit aussi intervenir pour expliquer la différence des deux effets.

Malgré le coefficient de réduction que nous devons admettre, nous ne sommes pas moins en présence d'un frein *puissant*.

Echauffement. — Sur des distances de 6 à 8 kilomètres, en rampe de 12 à 15 millimètres, avec une quantité d'eau injectée suffisante, les cylindres et les tiges de piston ne changent pas de température d'une manière sensible, et la plupart du temps les garnitures ne portent aucune trace d'échauffement, même en fonctionnant à pleine admission dans la marche à contre-vapeur.

Si les distances à descendre dépassent 6 à 8 kilomètres et que les pentes soient de 18 à 25 millimètres, les pièces qui viennent d'être citées s'échauffent, et il arrive fréquemment que l'élévation de température peut les détériorer si on ne prend la précaution de remonter le levier de changement de marche. Mais, dans tous les cas, l'élévation de température n'est pas comparable à celle obtenue avec le frein à air, et ce n'est pas le point important qui doit être signalé.

Inconvénient du système de frein à contre-vapeur employé comme modérateur de vitesse sur de fortes rampes d'une certaine longueur.

Ce système est alors impraticable parce que :

1° Il nuit dans maintes circonstances à l'alimentation des machines ;

2° Il détruit la sensibilité des manomètres de tous les systèmes ;

3° Il compromet la solidité des chaudières ;

4° Il compromet d'une manière générale les pièces du mouvement des machines, telles que : coussinets de bielles et de boîtes à graisse, glissières de piston, tiroirs, etc.

Alimentation des machines. — Si le jet de vapeur dans l'échappement est insuffisant par une raison quelconque, si les garnitures des cylindres ou des tiroirs perdent légèrement ou sont brûlées, le refoulement amène de l'air dans la chaudière, et les appareils Giffard ne fonctionnent plus.

L'alimentation de la chaudière se trouve compromise, grave inconvénient sur des lignes à profil accidenté.

On parvient, il est vrai, à supprimer les caprices de l'injecteur en fermant le régulateur ou en augmentant le jet de vapeur et même en ouvrant le souffleur : ce qui veut dire qu'on remédie en partie à l'inconvénient, mais qu'on ne le supprime pas.

Sur de longues pentes raides avec des machines se servant régulièrement des freins, les injecteurs ratent une fois sur deux.

Manomètres. — Pendant la marche des freins à contre-vapeur, la pointe de l'aiguille des manomètres vibre constamment, les variations de pression sont en moyenne de 1 atmosphère et atteignent souvent 1 atmosphère 1/2. Elles se répètent

quatre fois par tour de roue, il n'y a pas un manomètre d'un système quelconque dont les indications puissent rester exactes dans de telles conditions.

Chaudières. — Ces variations de pression sont naturellement au moins aussi énergiques sur les parois de la chaudière et du foyer, et malgré l'élasticité de la vapeur, elles n'en produisent pas moins une sorte de martelage continuel, qui, à nos yeux, doit nuire à la conservation des chaudières.

Mécanisme des machines. — L'importance des trois premières objections est considérable; mais, sans contredit, la plus sérieuse est celle relative à l'usure des pièces du mécanisme.

En utilisant sur un long parcours les freins à vapeur, à des vitesses dépassant 20 kilomètres, non-seulement il y a usure des pièces du mouvement en raison du travail de la machine, mais encore il y a détérioration de ces pièces par suite des chocs produits dans les cylindres par la distribution de vapeur en sens inverse de la marche.

Ces chocs s'expliquent par la pression subite qui a lieu en sens contraire de la marche du piston, au moment où la chaudière se trouve en communication avec le cylindre.

Les chocs représentés en *a b* dans la figure n° 3 se transmettent directement aux bielles, essieux et glissières de piston, les coussinets de bielles se trouvent alors prendre vite du jeu, et en continuant l'emploi du frein contre-vapeur, leur détérioration est très-prompte. — Le régule des coussinets de bielle motrice ne peut résister à ces chocs, ils font fléchir les glissières inférieures des pistons, et ces flexions détériorent les boulons d'attache des extrémités des glissières, dont la rupture donne lieu à de fortes avaries de machine.

Modifications à apporter aux systèmes actuels.

L'usage sur des pentes un peu longues du frein à air ou du frein à vapeur doit-il donc être abandonné?

Ce n'est pas la conclusion à laquelle M. Guébhard a voulu arriver.

Pour l'appareil de Bergues, dont la puissance est incontestable, en dehors de sa manœuvre assez compliquée, la question à résoudre est la suppression de l'échauffement. M. Guébhard ne connaît pas de moyen pratique pour y obvier, et ceux même proposés à sa connaissance jusqu'à ce jour sont insuffisants.

Quant à l'appareil de M. Le Chatelier, il semble pouvoir être modifié facilement et de façon à supprimer la totalité des inconvénients sur lesquels M. Guébhard vient d'insister.

M. Guébhard parle ensuite de la modification qu'il croit nécessaire d'apporter à cet appareil, modification sur laquelle il désire donner quelques résultats pratiques à l'appui de ses assertions.

Mais avant d'aborder cette question, il tient à faire ressortir que ce n'est pas une idée brevetée qu'il vient signaler.

Il ne s'est guidé dans ses essais que des idées si ingénieuses que M. Le Chatelier a généreusement données aux ingénieurs, pour arriver à la solution d'un problème très-important pour les chemins de fer, et M. Guébhard n'a pas voulu venir aug-

menter le flot immense des brevets qui, comme l'a dit notre honorable président, dans son remarquable rapport sur l'Exposition de 1862, *s'élève comme un rempart inaccessible devant les moindres, comme devant les plus larges modifications du matériel des chemins de fer.*

Modification proposée et expérimentée par M. A. Guébhard. — Conservant à l'appareil proposé par M. Le Chatelier son principe fondamental, l'aspiration de vapeur prise dans le tuyau d'échappement, au lieu de refouler cette vapeur dans la chaudière, elle est envoyée dans un récipient spécial de forme quelconque, placé en un point convenable de la chaudière.

Il est bien évident, *à priori*, que la chaudière étant alors complétement indépendante du frein, celle-ci n'intervient plus que pour fournir la vapeur et l'eau à envoyer dans l'échappement, et que les inconvénients signalés relativement à l'injection, au manomètre et à la conservation des chaudières, se trouvent supprimés.

Un appareil ainsi disposé a été expérimenté sur les mêmes rampes du Luxembourg, où ont été mis en service les deux autres systèmes.

Voici le mode d'expérience employé et les résultats obtenus.

Après avoir renversé la marche et ouvert les jets de vapeur et d'eau, on ne rouvre plus le régulateur, mais on met en communication le tuyau d'arrivée de vapeur, dans lequel se fait le refoulement, avec le réservoir spécial.

En 150 à 200 mètres, la pression dans ce réservoir monte d'une manière douce à 4 atmosphères ou 4 1/2 au plus, la pression dans la chaudière étant de 8 à 9 atmosphères. La pression de la chaudière n'intervient du reste pas dans celle du réservoir spécial. Une fois cette pression de 4 atmosphères obtenue, elle n'est pas dépassée.

Si dans le cas présent on représente graphiquement les 3 phases de la résistance on aura :

La puissance du frein, trouvée alors au dynamomètre, est de 2,200 à 2,500 kilog. (5e cran du secteur).

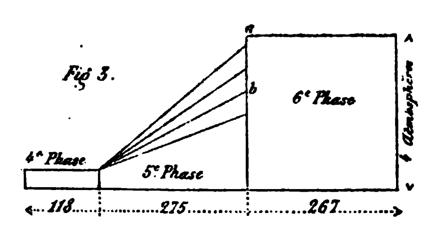
L'effort du frein obtenu est donc peu différent de celui qu'on a trouvé dans les mêmes circonstances, les cylindres étant en communication avec la chaudière.

Un fait d'expérience, c'est qu'en descendant plus ou moins le levier, on arrive toujours sensiblement au même résultat d'effort du frein et à la même pression de 4 atmosphères dans le récipient.

On ne peut donc arriver avec cette modification à l'effort du frein de 3,200 kilog., qu'on obtient en marchant à pleine vapeur avec l'appareil de M. Le Chatelier.

Les cylindres, tiges de piston, etc., n'ont jamais témoigné la moindre trace d'augmentation de température.

Enfin, point capital aux yeux de M. Guébhard, et que l'expérience démontre : — *Il n'y a pas le moindre choc dans les articulations, ni sur les glissières.*



L'absence de choc prouve qu'à partir du commencement de la cinquième phase,

la pression ne reste pas constante dans le cylindre, qu'elle s'élève et tend vers la pression de 4 atmosphères existant dans le réservoir spécial.

En dehors de l'élévation de pression dont il vient d'être parlé, il faut encore remarquer que la pression dans la chaudière devant naturellement être supérieure à 4 atmosphères, on doit nécessairement, dans l'appareil de M. Le Chatelier, avoir des variations brusques de pression plus considérables sur le piston.

La question que M. Guébhard a envisagée est de rendre pratique, c'est-à-dire sûre, au moyen d'un modérateur pris sur la machine, la descente sur une forte pente, d'une charge à peu près égale à celle que peut monter la même machine, les freins du train ne pouvant dans aucun cas être supprimés.

M. Guébhard croit que la disposition qu'il vient d'indiquer résout d'une manière pratique ce problème, et que, devant les inconvénients qu'elle supprime, on ne peut objecter l'inconvénient d'introduire un engin de plus sur la machine, pas plus que la faible consommation de vapeur qui en résulterait.

M. Guébhard termine en donnant quelques détails sur l'installation de l'appareil dont il vient de parler.

M. le Président remercie M. Guébhard de son intéressante communication, qui a le grand avantage de mettre en lumière les faits relatifs au fonctionnement des freins à vapeur.

M. le Président informe la réunion que les recherches et expériences de MM. Fellot et Noisette sur la résistance des cuirs et des cordes seront l'objet d'une communication spéciale.

Séance du 8 Novembre 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 11 octobre est adopté :

M. le Président annonce qu'il a reçu de M. Le Chatelier les observations suivantes, au sujet du procès-verbal de la séance du 25 octobre dernier, relatif au compte rendu de la communication de M. Guébhard sur l'emploi de la contre-vapeur.

M. Le Chatelier regrette que ce résumé ne fasse pas connaître dans quelles conditions M. Guébhard a opéré.

Le tuyau d'injection d'eau et de vapeur posé sur la machine de l'Est qui se trouvait à l'Exposition est d'un diamètre beaucoup trop petit, et il est à présumer que les machines sur lesquelles M. Guébhard a opéré se trouvaient dans les mêmes conditions.

Si ce tuyau d'injection n'a pas un diamètre suffisant pour débiter les quantités d'eau et de vapeur nécessaires pour alimenter la marche inverse de l'appareil, il y a nécessairement rentrée d'air, échauffement des cylindres, dérangement des injec-

teurs Giffard, inconvénients que M. Guébhard a rencontrés et qui ne prouvent qu'une chose, c'est qu'il s'est trouvé en présence d'un appareil de contre-vapeur imparfait. Ces inconvénients n'ont jamais été signalés sur le chemin de fer de Lyon, où les tuyaux d'injection ont une section beaucoup plus considérable que sur la machine de l'Est exposée.

Mais ces deux inconvénients d'une insuffisance de diamètre dans le tuyau d'injection ne sont pas les seuls. Lorsque la contre-vapeur fonctionne d'une façon normale, les cylindres deviennent des chaudières à vapeur d'un nouveau genre : il s'y produit une quantité considérable de vapeur, qui est envoyée à la chaudière. Pour que la pression ne s'élève pas indéfiniment dans celle-ci, il faut qu'il y ait une évacuation constante et suffisante de vapeur, et le tuyau d'injection doit pouvoir lui livrer passage.

C'est cet excès de vapeur qu'il est nécessaire d'évacuer, qui crée une atmosphère artificielle dans le tuyau d'échappement, et qui fait que l'air n'entre plus dans les cylindres et de là dans la chaudière.

Lorsque le tuyau d'injection est dans de bonnes conditions de section, il ne sert pas seulement à régulariser la pression dans la chaudière et à empêcher la pression de s'élever ; il permet encore de réduire celle-ci, et par conséquent d'éviter la fatigue des pièces du mécanisme qui seraient soumises à des efforts hors de proportion avec le travail à faire. M. Le Chatelier a toujours conseillé de faire tomber la pression dans la chaudière pendant la période de marche à contre-vapeur.

On pourrait laisser tomber cette pression très-bas et la relever très-vite, par exemple en fermant le robinet d'injection de vapeur et en faisant entrer dans les cylindres un mélange d'air et d'eau, celle-ci toujours en quantité suffisante pour empêcher l'échauffement des pièces, mais se transformant en vapeur, désormais sans évacuation équivalente par le tuyau d'injection.

On a abusé dans certains cas de la contre-vapeur, en la faisant agir sur des trains plus lourds à la descente que ceux qu'il était possible d'atteler aux machines à la remonte. Cela a produit de l'hésitation dans l'application ; mais il en est toujours de même, les meilleures choses deviennent mauvaises quand on en abuse.

A ce point de vue, la différence de travail entre la marche normale et celle (la marche à contre-vapeur) qui est la conséquence du système de distribution employé, peut être envisagée comme un élément favorable ; il n'y a pas d'inconvénient à ce que les mécaniciens soient limités dans l'abus qu'ils peuvent faire de la contre-vapeur.

M. Marié a fait faire le pas le plus important au nouvel agent mécanique mis à la disposition des mécaniciens, en l'appliquant avec une entente parfaite de son principe et de ses ressources. Il serait désirable que le mémoire de M. Guébhard lui fût communiqué et qu'il voulût bien le discuter.

M. Le Chatelier fait remarquer, du reste, que ses observations ne sont basées que sur un compte rendu nécessairement très-sommaire.

La parole est donnée à M. Péligot pour rendre compte de la note qu'il a envoyée à la Société sur l'industrie des allumettes. (Voir le Mémoire.)

La parole est ensuite donnée à M. Deprez pour présenter quelques observations sur les machines marines.

La machine du petit yacht de M. Georges Salt de Saltaire est à un seul cylindre,

elle a une chaudière composée de tubes *Field* et de tubes à air chaud comme dans les locomotives. La surface totale de chauffe est de 4^{m2}, 85 environ. Les autres données que j'emprunte à M. Zerah Colburn sont les suivantes:

Diamètre du cylindre.	0^m,152
Course du piston.	0 ,203
Nombre de révolutions par minute.	350
Pression effective dans la chaudière.	17^k,60 par cent. quarré.
Poids (très-approximativement) en ordre de marche.	800 kilogr.

Le corps cylindrique de la chaudière, les tubes Field et les tubes à air chaud sont en acier, ainsi que le foyer. Le dôme de prise de vapeur est un tube d'environ 0^m,10 de diamètre qui se prolonge dans la cheminée. Enfin l'échappement de la vapeur a lieu par un tube annulaire percé de 26 trous de 0^m,005 de diamètre, et il paraît que cette disposition en augmentant la surface de frottement de la vapeur contre les gaz chauds donne un tirage d'une très-grande énergie. D'après la vitesse qu'elle imprime au yacht, le constructeur de cette machine estime sa puissance de 25 à 30 chevaux sur les pistons. Si l'on calcule le volume engendré par le piston en une seconde, on trouve qu'il est de 0^{m3},0432, ce qui, pour chaque kilogramme par centimètre carré de pression moyenne effective, correspond à une force de 5^{ch},76; la pression effective dans la chaudière étant de 17^k,60, on peut admettre que la pression effective moyenne sur le piston pendant toute sa course est au moins égale à $0,3 \times 17^k60 = 5^k,28$, ce qui donne 30^{ch},4. On sait par ce qui se passe dans les locomotives que le coefficient 0,3 est loin d'être exagéré. On peut faire sur cette machine des rapprochements intéressants. Admettant le chiffre de 30^{ch},4 ou $2280^{k \times m}$ par seconde, on trouve qu'elle pourrait élever son poids à une hauteur de $\frac{2280}{800} = 2^m,85$ par seconde, et que le poids par cheval est de $\frac{800}{30.4} = 26^k,3$.

On peut désirer comparer cette machine aux autres machines à haute pression et à grande vitesse et aux locomotives. Parmi les exemples très-nombreux que je pourrais donner, je citerai:

Les pompes à incendie à vapeur de Merrywheather. Le grand modèle pèse 3000 kilogr. et donne 90 chevaux à l'indicateur. Il n'y a aucune détente.

Les pompes à incendie (moyen modèle) de Shand et Mason, qui pèsent 1280 kilogr. et donnent 32 chevaux. Il y a une faible détente.

Pour les locomotives, les exemples abondent.

En 1848, lors de l'enquête du Parlement anglais sur les chemins de fer, M. Gooch, ingénieur en chef de la compagnie du Great-Western, relevait un grand nombre de diagrammes sur une machine restée célèbre, la *Great-Britain*, et trouvait que la puissance indiquée sur les pistons était, à la vitesse de 93 kilomètres à l'heure, de 743 chevaux. L'admission avait lieu pendant les 0.60 de la course et la pression effective initiale de la vapeur sur les pistons était de 6^k,72 par cent. carré. La même machine développa dans d'autres circonstances une puissance encore supérieure.

Sur la voie étroite, M. Peacok fit remorquer à des machines à 6 roues couplées, du format ordinaire, des trains de 500 tonnes, machine non comprise, sur une rampe

continue de $\frac{1}{136}$ pendant 35 kilomètres à la vitesse de 29 kilomètres à l'heure : le travail était d'environ 700 chevaux.

En 1853, MM. Marshall et Woods, dans une longue série d'expériences sur le *London and North-Western railway*, constataient que les puissantes machines express du système Mac-Connell pouvaient remorquer jusqu'à 171 tonnes à la vitesse *maxima* de 87 kilomètres à l'heure. Le poids total, machine comprise, était de 227 tonnes. En admettant 13 kil. par tonne de résistance à la traction, on trouve que la machine développait sur les pistons environ 960 chevaux, elle avait 108 mètres carrés de surface de chauffe totale, dont 24 mètres pour le foyer ; elle pesait 36 tonnes en ordre de marche et le tender 20 tonnes.

Je pourrais citer une foule de faits du même genre, mais comme je serais obligé de les écourter, je préfère les développer complétement dans un mémoire dont je m'occupe actuellement.

Les locomotives doivent leur puissance considérable à l'excessive intensité de la combustion qui fait produire à la surface de chauffe des quantités de vapeur très supérieures à ce qu'on obtient dans les machines fixes où la combustion est beaucoup moins active et aussi à la haute pression à laquelle elles marchent. On démontre dans la théorie mécanique de la chaleur que le *maximum* d'effet utile d'une calorie dans une machine thermique où le corps (la vapeur par exemple) qui sert de véhicule à la chaleur tombe de la température initiale T à la température finale *t*, a pour expression $\frac{T-t}{T+273} \times 424^{\,k\times m.}$ T et t étant exprimés en degrés centigrades. Cette formule montre que *t* restant constant, le travail par calories s'approchera d'autant plus de 424 kilomètres, que T est plus grand. Cela justifie pleinement l'accroissement de la température et par conséquent de la pression dans les chaudières de locomotives et celle de la température seulement dans les machines à vapeur surchauffées.

La pression à laquelle marchent actuellement beaucoup de machines anglaises est de 160 livres par pouce carré, soit de $11^{k},2$ par centimètre carré au-dessus de la pression atmosphérique. J'ai constaté que sur certaines machines les soupapes de sûreté peuvent être vissées jusqu'à 200 livres par pouce carré ($14^{k},06$ par cent. carré). Cet accroissement de pression, qui certainement n'est pas encore arrivé à son terme, permet d'utiliser beaucoup mieux la détente produite par la coulisse de Stephenson tout en conservant à la vapeur une pression suffisante pour produire un tirage énergique quand elle s'échappe dans la cheminée.

Séance du 15 Novembre 1867.

Présidence de M. EUGÈNE FLACHAT.

Le procès-verbal de la séance du 18 octobre est adopté.

Il est donné lecture d'une note de M. Henri Mathieu sur la fabrication de l'acier fondu par le procédé P. Martin, appliqué chez M. Verdié, à Firminy.

Le procédé P. Martin est mis en pratique d'une manière courante chez M. Verdié, à Firminy, depuis le 1er juin 1867.

Deux fours à réverbère sont installés de façon à produire chacun 3,500 kilogrammes par coulée, et à raison de deux coulées par journée de 24 heures et par four. Cela correspond, par conséquent, à une production annuelle de 2,100 tonnes par an et par four.

L'acier produit est de l'acier fondu analogue à celui obtenu dans les creusets.

Le but que les inventeurs ont cherché à atteindre a été d'ailleurs de remplacer les creusets par le four à réverbère. Plusieurs tentatives analogues ont été faites dans ces dernières années, mais elles ont échoué ou bien elles n'ont pas été poursuivies. Le succès obtenu par M. Martin tient à l'emploi qu'il a fait du four Siemens, et aussi à la composition des laitiers.

Les appareils employés à la fabrication se composent :

1° D'un four à chaleur régénérée de Siemens ;

2° D'un four à réverbère, dit four à fondre, et 3° d'un four à réchauffer destiné à chauffer préalablement les blocs de fonte et les riblons de fer et d'acier, avant leur introduction dans le four à fondre.

On procède de la manière suivante :

Tous les fours étant allumés et chauffés, on commence par réchauffer dans le four spécial les blocs de fonte, de manière à y entretenir un chargement de 900 kilogrammes.

Ces blocs, chauffés au blanc, sont ensuite jetés sur la sole du four à fondre; la fusion s'y opère rapidement; la fonte y est recouverte d'un bain de laitiers, qu'on compose avec des laitiers de haut-fourneau au bois, mélangés avec du sable siliceux. Ce bain doit empêcher la décarburation de la fonte.

Ce premier chargement de fonte fait, on charge ensuite des riblons de fer ou d'acier (chauffés aussi préalablement dans le four spécial), et par portions de 200 kilogrammes par chaque demi-heure; l'opération entière dure environ huit heures, non compris deux heures environ pour réparer la sole.

Lorsque toute la quantité de riblons a été chargée, comme nous venons de le dire, on arrive entre la sixième et la septième heure, et alors la masse se composant de 900 kilogrammes de fonte, 2,400 kilogrammes de riblons, fer ou acier, arrive à un état pâteux très-voisin du fer. La fonte a abandonné une partie de son carbone au fer, qui successivement a été transformé en un métal semi-liquide qui n'est ni du fer, ni de l'acier. Pour constituer l'acier, on ajoute, par portions de 200 kilogrammes à a fois, de la fonte de même nature que celle employée déjà et préalablement chauffée, jusqu'à ce qu'on en ait introduit dans le four environ 800 kilogrammes.

Cette fonte additionnelle abandonne une partie de son carbone à la masse métallique en fusion, et quand on s'est assuré que tout le bain est arrivé au degré d'aciération qu'on veut obtenir, ce qu'on vérifie par des éprouvettes retirées vers la huitième heure, on procède à la coulée, qui s'opère dans des lingotières.

Le bain peut rester en fusion, sous la couche de laitier, aussi longtemps qu'on veut.

Si on trouve qu'il donne une éprouvette d'une dureté trop grande, on ajoute quelques lingots de riblons jusqu'à ce qu'on arrive au degré qu'on désire.

Ce bain donne-t-il une éprouvette trop ferreuse, on ajoute quelques charges de fonte.

Dans tout le cours de cette opération, les ouvriers n'ont pas d'autre travail à faire

que celui de conduire le feu, de charger la fonte et les riblons de fer ou d'acier dans le four à réchauffer et dans le four à fondre; il n'y a ni travail pénible de brassage, ni travail de réduction par l'agitation de la masse en fusion.

L'acier se fait, pour ainsi dire, tout seul comme dans le creuset.

Le seul travail pénible réside dans la préparation de la sole.

Les matières employées sont des fontes obtenues exclusivement avec le minerai de Mokta (Algérie), et des riblons de fer ou d'acier fabriqués avec des fontes de même origine, afin de n'avoir dans le bain que des éléments de même provenance.

Les minerais de Mokta renfermant une quantité suffisante de manganèse, on n'en ajoute aucune autre quantité, ni dans le bain, ni dans les laitiers.

Les aciers obtenus par ce procédé, et fabriqués spécialement pour les rails, sont d'excellente qualité. M. Mathieu a vu tirer d'un des lingots une barre qui, étirée au laminoir avec 60 millimètres de large sur 9 millimètres d'épaisseur, a pu être repliée à chaud trois fois sur elle-même sans aucune trace de criques, bien qu'elle ait été percée préalablement au poinçon à 4 millimètres du bord. Avec le même lingot, on a étiré une barre avec laquelle on a forgé un burin qui, trempé, a pu buriner l'acier fondu à outils ainsi que les fontes les plus dures.

Un rail Vignole, sous le poids d'un mouton de 300 kilogrammes tombant de $2^m.50$ de haut, n'a pris, dans les conditions d'essais ordinaires, qu'une flèche de 1 centimètre, et il s'est cassé sous une chute de $2^m.750$.

D'après ce que M. Mathieu a vu, il n'hésite pas à dire que les rails fabriqués par M. Verdié, avec le minerai de Mokta, doivent être supérieurs à ceux fabriqués avec le même minerai par le procédé Bessemer.

Il n'est pas non plus douteux que le procédé P. Martin, tel que l'applique M. Verdié, ne soit plus coûteux que le procédé Bessemer avec coulée directe du haut-fourneau dans le convertisseur, comme le font les usines de Terre-Noire; toutefois, il faut ajouter que les installations du système Martin coûtent beaucoup moins que celles du système Bessemer, dans la proportion approximative par tonne de 0 fr. 45 contre 1 fr. 36. Il y a là une petite compensation.

Enfin, le procédé P. Martin n'exige pas l'emploi du Spiegel-Eisen qui entre pour 10 0/0 dans la fabrication de l'acier Bessemer, et dont le prix à Saint-Étienne est d'environ 220 fr. la tonne. Il résulte de là encore une petite économie en faveur du procédé P. Martin.

Il est donné communication de la situation générale des travaux du Canal maritime de Suez, à la fin du mois d'octobre 1867 :

Cube total à extraire.	74,112,130^{mc}
Cube total extrait dans le mois d'octobre.. . . .	1,330,315
Cube total extrait précédemment	29,874,968
Cube total extrait à ce jour.	31,205,283
Cube restant à extraire.	42,906,847
Nombre de dragues en marche.	32
Nombre de dragues à mettre en fonction. . . .	28
Nombre de terrassiers	8004

N.-B. — Les dragues restant à mettre en chantier d'ici à la fin de décembre, ainsi que les nouveaux plans inclinés de la plaine de Suez, donneront un produit mensuel supplémentaire de 900,000 mètres cubes environ. A partir du 1er janvier 1868, le

draguage mensuel sera donc de 2 millions de mètres cubes au moins, et il faudra 20 mois pour les 40 millions de mètres cubes restant à extraire.

Jetées de Port-Saïd.

	Jetée Ouest.	Jetée Est.
Longueur actuelle	2,200^{m}	1,300^{m}
Fond atteint	8^{m},20	5^{m},50
Cube total de blocs à immerger	250,000^{mc}.	
Cube de blocs immergé dans le mois	5,666	2,441^{mc}
Cube immergé précédemment	140,633	24,888
Cube total de blocs immergé	120,453	30,430
Cube restant à immerger	99,117	

M. Sambuc donne communication de son mémoire sur les voies métalliques des chemins de fer à l'Exposition de 1867.

Les voies métalliques peuvent se diviser en trois classes : les voies à *traverses* métalliques, celles à *longrines* métalliques et celles de *système mixte.*

La première de ces classes est représentée principalement dans les sections *française* et *belge;* la seconde dans la section *allemande,* et la troisième en *Angleterre.*

Traverses métalliques.

La seule voie métallique, exposée en France, qui ait reçu une application assez étendue pour mériter une mention spéciale, est la voie ordinaire avec emploi de traverses dites Ménans et Cie (système Vautherin).

Elles affectent la forme trapézoïdale de la traverse en bois. Ce sont des fers Zorès élargis, de 0^{m},260 de base sur 0^{m},07 de hauteur, et de 4^{mm} $^1/_2$ d'épaisseur, ensevelis dans le ballast. Ces traverses agissent comme une sorte de moule ou d'enveloppe du massif de ballast sur lequel elles reposent et dont le bourrage les remplit. Comprimé par le poids des locomotives et des wagons, ce ballast acquiert une cohésion et une dureté qui fait faire corps avec les traverses. Vides elles ne résisteraient pas à la pression qu'elles ont à subir, aussi ne peuvent-elles servir à l'exécution du ballastage d'une voie neuve.

L'attache du rail Vignole sur ces traverses s'effectue au moyen de crampons ou taquets qui sont introduits dans des mortaises pratiquées dans la traverse de chaque côté du patin du rail, et dont l'un est serré par une clavette.

La Compagnie de Paris à Lyon met sous le rail une selle qui lui donne l'inclinaison au 1/20 et qui forme un bourrelet derrière la clavette; le chemin de fer du Nord obtient l'inclinaison du rail de 1/20 en cintrant la traverse.

La première de ces compagnies a posé 9 kilomètres de ces traverses et elle en a commmandé 20,000 pour les chemins algériens; la seconde en a posé 5 kilomètres.

Ces traverses sont également à l'essai en Suisse, en Belgique, en Hollande, en Espagne et en Égypte.

En Belgique, ce sont les forges de Martigny-sur-Sambre qui exploitent le brevet de M. Vautherin. Les deux compagnies belges, le chemin de fer Grand-Central et la Société Générale d'exploitation ont décidé *en principe* l'emploi de ces traverses en fer, et en ont commandé 15,000.

M. Barberot expose, avec son système bien connu de tasseaux en bois, des plateaux

en fonte à quilles et des entretoises en fer rond, qui ont pour but de réunir l'économie de renouvellement des traverses en bois à celle du renouvellement du rail. Aux joints les tasseaux en bois sont remplacés par des griffes en fer venant butter contre les éclisses.

La Belgique a exposé plusieurs systèmes de traverses métalliques.

Dans le système de *MM. Legrand et Salkin* on trouve encore le profil trapézoïdal à table surélevée, mais la traverse est partagée en deux tronçons de 0^{m},60, un sous chaque rail, réunis par une entretoise en fer en U et assujettis par les crampons mêmes qui servent à attacher le rail. Cette traverse coûte 6 fr. 20 ; elle est employée, en Belgique, par le Nord francais et par l'État belge ; et en France par le Creusot.

La Société de Marsinelle-Couillet expose des traverses retirées d'une voie où elles étaient restées 4 ans et demi. Elles sont de la forme double T à plat.

Système mixte.

Le système Griffin, exposé dans la section anglaise, tient le milieu entre les *traverses* et les *longrines* métalliques. Ce sont des segments de cylindres en fonte fermés aux deux bouts, et se raccordant à leur base avec un rebord coudé qui sert à augmenter la surface d'appui horizontale et à ancrer ces sortes de cloches dans le ballast. C'est sous une autre forme la cloche de Greaves employée sur le chemin d'Alexandrie à Suez. Le rail à double champignon est, dans le type exposé, serré et comme suspendu par son champignon supérieur par l'intermédiaire de coins en fer ou en bois.

Ce système est, suivant les exposants, essayé sur le chemin de fer de Londres à Chatam et Dobli, de Londres et South-Western, puis sur le Central-Argentin, le Central-Uruguay, et d'autres à la Plata, enfin sur le Paragua strad, au Brésil.

Longrines métalliques.

Prusse. — Le système exposé par la Société du chemin de fer rhénan, sous le nom de *Système Hartwich,* consiste dans un rail Vignole simple, posé directement sur le ballast. Ce rail a un patin de 0^{m},121 et une hauteur suffisante pour répartir la pression sur une grande longueur de rail.

Les deux files de rails sont reliées entre elles par des entretoises en fer ; le rail pesait d'abord 43 kilogr. par mètre courant, on l'a réduit depuis à 38 kilogr. Les joints sont reliés par une grande plaque d'appui fixée au patin et par deux éclisses à deux rangées de boulons qui sont de véritables couvre-joints et épousent en se repliant la forme du rail.

Dans les premiers essais que l'on fit sur la ligne de Coblentz à Oberlahustein et sur celle de Méchernich à Call, dans une courbe de 750 mètres de rayon et sur une rampe de 0.0143, on n'avait pas mis de plaque de joint ; les joints se dénivelaient légèrement et il en résultait des chocs contre les roues.

Cette voie est essayée non-seulement sur les chemins de fer rhénans, où elle doit être substituée, peu à peu, à la voie ordinaire sur traverses, mais encore par la Compagnie du chemin de fer de Cologne à Minden qui vient de l'adopter pour ses nouvelles constructions, et l'établit actuellement sur la ligne qui doit réunir directement Berlin à Paris. L'expérience a, dit-on, démontré que les frais d'entretien de cette voie sont extrêmement faibles.

Pour donner aux rails une stabilité suffisante, on forme dans le sol de la substructure deux rigoles, remplies ensuite de gros graviers ou de pierres cassées et recou-

vertes de gravier mouillé et tassé. Les rails sont ensuite enveloppés de ballast jusqu'à la tête. L'inventeur de cette voie, M. Hartwich, est un des ingénieurs les plus expérimentés et les plus habiles de l'Allemagne. Il n'y a donc pas lieu d'être surpris que l'attention se soit portée sur cet essai hardi et ingénieux, mais il est douteux que le système puisse supporter les fatigues auxquelles les grandes lignes françaises sont exposées.

La *longrine métallique* proprement dite, ou *rail composé,* est exposée en Prusse par la Société des usines de Hoerde en Westphalie, d'après le type imaginé par le conseiller Schæfer, et en Wurtemberg par l'inventeur lui-même, d'après le type Kôstlin-Batsig.

Elle se compose d'une base formée de deux cornières dont les branches verticales sont tournées l'une vers l'autre, et d'un rail à un seul champignon dont le corps est enserré et boulonné entre les branches verticales des cornières. Les deux longrines sont reliées entre elles par des entretoises rigides en fer plat ou en fer à T. Mais ce qui distingue la voie Kôstlin de celle de Hoerde, c'est que dans celle-ci les cornières sont des cornières ordinaires, ayant deux branches égales; tandis que dans la voie Kôstlin-Batsig, les cornières sont ouvertes, et que les deux ailes non verticales forment entre elles un angle obtus, donnant à la base la forme d'un toit ; de plus, ces branches sont plus longues que les branches verticales, de manière que l'espace qui sépare celles-ci est à peu près rempli par le corps ou la tige du rail. Il est à remarquer que dans la voie de Hoerde les joints des deux cornières se rencontrent et sont reliés par des couvre-joints spéciaux, tandis que dans la voie Kôstlin les joints chevauchent et divisent la longueur du rail en trois parties.

La voie de Hoerde pèse de 143 à 160 kilogrammes par mètre courant, tandis que celle de Kôstlin ne pèse que 113 kilogrammes par mètre courant.

Telle est la disposition générale de chacune de ces voies ; mais on y a introduit successivement des modifications et des perfectionnements, pour rendre plus faciles la fabrication et l'assemblage des diverses parties.

Les premiers types de voie Hoerde ont été commandés par les chemins de fer de Braunschweig et de Hamcouze et ont été essayés depuis deux ou trois années sur une longueur totale d'environ 4,000 mètres; le dernier type, proposé par la Société elle-même, va être appliqué sur une grande longueur partie par le chemin de fer du Hanovre et partie par celui de Cologne à Minden.

La voie Kôstlin est construite depuis deux ans sur une longueur de 2 1/2 kilomètres dans le Wurtemberg et va y être appliquée d'une manière générale. L'usine de Wasseralfingen qui a laminé les cornières et les rails de cette voie, s'offre à l'établir au même prix que la voie ordinaire à rails Vignole.

L'invention des voies en forme de longrine métallique composée de trois éléments, les deux ailes et le rail, est due à M. Bergeron qui a proposé, il y a plusieurs années, de remplacer par cette forme, le rail Barlow dont la fabrication présentait de grandes difficultés. La crainte de voir les rivets prendre rapidement de la mobilité et puis l'inconvénient particulier aux voies sur longrines de concentrer les eaux pluviales près des rails et à leur base, expliquent le peu d'applications qu'a reçues ce système.

Les avantages que les ingénieurs allemands attribuent aux *voies à longrines ou rail composé* sont :

1° De présenter au roulement des roues une surface soutenue d'une manière parfaitement uniforme en chacun de ses points, et d'éviter ainsi les chocs et les vibra-

tions provenant du jeu ou mouvement vertical des rails entre leurs points d'appui, qui sont une cause d'usure pour les rails et les bandages.

Les rails sur traverses forment, sous l'action d'un train, une série d'ondulations, dont les sommets sont sur les traverses. Ces ondulations sont d'autant plus fortes et les sommets d'autant plus accentués, que les traverses sont plus éloignées les unes des autres, et que chacune d'elles présente au rail une surface d'appui plus restreinte. Ce jeu continuel de flexion du rail en altère la texture, et il cause sur la traverse un martelage qui use le champignon du rail, les coussinets et les bandages.

2° Outre l'économie que ce système permet de réaliser sur les frais d'entretien de la voie, par la suppression du renouvellement des traverses en bois, il permet un rail plus léger. En outre, les rails étant d'un petit calibre, il sera facile de les faire en acier, sans que les frais de l'installation s'élèvent sensiblement.

3° Les entretoises ne devant pas servir d'appui, il n'y a de ballast que sous les longrines.

4° La longrine n'étant plus retirée du ballast, celui-ci pourra se consolider; les bourrages seront diminués.

Il est inutile de dire que ces diverses prévisions attendent la sanction de l'expérience, que le relâchement des rivets, l'amollissement du ballast par le séjour continuel des eaux le long des rails des voies sur longrines, peuvent neutraliser la plupart des avantages attribués à ces voies.

Nous comparerons entre elles et avec la voie ordinaire, sur traverses en bois, la voie Ménans, la voie Hartwich et celle de Kôstling-Battig, quant au *coût de la construction, aux frais d'entretien* et à la *stabilité*.

1° Coût de la construction (non compris la pose ni le ballast) :

		Par kilomètre.
Voie ordinaire, avec rails de 35 kil.		20968 fr.
Voie Ménans (type Lyon), avec rails de 35 kil.		22490
Voie Hartwich — avec rails de 43 kil.	21040 fr.	
A déduire pour économie de ballast	3340	
Reste		17700 fr.
Voie Kôstlin-Battig, avec rails de 47 kil.	22337 fr.	
A déduire pour économie de ballast	3340	
Reste		18997 fr.

2° Coût de l'entretien (non compris la main-d'œuvre) :

	Par kilomètre et par an.
Voie ordinaire : 1/10me des traverses, 1/15me des rails et 1/20me des accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux	1165 fr.
Voie Ménans : 1/15me des rails et 1/30me des traverses renouvelées, déduction faite de la vente des anciens matériaux	642
Voie Hartwich : 1/15me des rails et 1/30me des accessoires, entretoises, etc., renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux	689

Voie Köstling-Battig : 1/15me des rails et 1/30me des longrines, entretoises et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux.................... 505

3° Stabilité.

Surface d'appui sur le sol, par mètre courant de voie :

Voie ordinaire.................................. 0.50 à 0.60 mètre carré.
(dont 0.30 à 0.40 seulement sont bourrés).

Voie Ménans.. 0.60 mètre carré.
(dont 0.40 seulement sont bourrés).

Voie Hartwich...................................... 0.26 mètre carré.

N. B. M. Hartwich compte sur la grande rigidité de son rail pour reporter la pression sur une plus grande largeur que dans la voie ordinaire, et compenser ainsi la moins grande surface d'appui par mètre courant.

Dans son premier essai, il faisait reposer son rail sur du gravier mouillé et pilonné; depuis il y a renoncé, et le pose sur du ballast ordinaire. — L'expérience prononcera.

Voie Köstlin.................................. 0.56 à 0.63 mètre carré,
sans tenir compte des entretoises.

La parole est donnée à M. Rouyer pour entretenir la Société des procédés de M. de Courval pour la conduite et l'élagage des arbres forestiers.

M. Rouyer rappelle qu'avant les travaux de M. le vicomte de Courval qui, le premier, a étudié avec succès la culture des arbres forestiers, les forêts abandonnées à elles-mêmes ou livrées aux soins barbares de gens ignorants, étaient loin de donner tous les résultats qu'elles sont capables de fournir.

La plupart des arbres étaient atteints de carie, soit parce que les branches qui mouraient sur l'arbre laissaient après leur chute des plaies qui, ne pouvant se refermer, permettaient à tous les agents de destruction de pénétrer jusqu'au cœur de l'arbre, soit parce que les branches que l'on était conduit à enlever étaient mal coupées, et que leur ablation était inévitablement suivie des mêmes effets que dans le cas précédent par suite de l'ignorance des forestiers.

Pour fixer les idées sur l'importance de ce sujet, M. Rouyer rappelle que la France paye annuellement à l'étranger pour 100 millions de bois de construction que son sol, aménagé avec soin, serait en état de lui fournir.

M. le vicomte de Courval a eu la bonne fortune, rare pour les inventeurs, de rencontrer en M. le comte des Cars un élève et successeur qui s'est voué avec ardeur à la vulgarisation des principes formulés par lui, et qui même a contribué personnellement au développement de la méthode.

M. des Cars a publié sur cette méthode un petit opuscule qui, par sa clarté, est un vrai catéchisme du forestier.

Le problème à résoudre consistait à ne pas laisser la sève se dépenser inutilement à former des branches de peu de valeur, mais à concentrer le plus possible son action pour la formation ligneuse du tronc qui est la partie industrielle de l'arbre et, par suite, hâter dans des limites assez grandes la production de bois propres à l'industrie. C'est par un élagage judicieux et raisonné que ce problème a été résolu. Mais

l'élagage conduisant à l'ablation de certaines branches, il restait à trouver le moyen de les enlever en supprimant toute crainte de carie : c'est ce que M. de Courval seul a su faire d'une façon efficace et certaine.

L'élagage, avons-nous dit, est le moyen employé pour concentrer sur le tronc la formation ligneuse. Il faut pour cela faire en sorte que la séve, qui n'est apte à former du bois qu'après son passage dans les feuilles, arrive le plus tôt possible au tronc, de façon que, dans son parcours, descendant des feuilles aux racines, le parcours le long du tronc soit le plus grand possible.

Pour atteindre ce résultat, il faut, par une conduite judicieuse de l'arbre, réduire le plus possible ses branches à la direction horizontale, tout en conservant à la surface feuillue le développement nécessaire.

A la raison de parcours que nous venons de donner pour motiver cette conduite de l'arbre, s'en adjoint une autre : plus les branches se rapprochent de la direction verticale et plus elles prennent de développement au détriment du tronc.

Par conséquent, en ne conservant dans la direction verticale que le tronc et la flèche, on favorise leur développement en longueur et en grosseur, et en réduisant les branches à la direction horizontale on reporte le plus possible sur eux la formation du bois.

Mais, comme l'arbre croît en hauteur, il arriverait un moment où la surface feuillue serait trop considérable par rapport au développement des racines qui fournissent la séve brute aux feuilles. Pour obvier à cet inconvénient, d'où résulterait une végétation pénible, on est conduit à enlever les branches des couronnes inférieures afin de conserver toujours un équilibre parfait entre toutes les parties de l'arbre.

Une expérience de quarante années sur deux mille hectares de forêt a conduit M. de Courval à formuler cette règle :

La tête de l'arbre doit avoir une forme ovoïde d'autant plus étroite dans le sens horizontal que l'arbre est plus jeune, et la hauteur de cet ovoïde doit varier des deux tiers de la hauteur de l'arbre, pour les jeunes sujets, à la moitié pour les arbres plus âgés.

M. Rouyer fait remarquer que l'enlèvement des branches des couronnes inférieures concourt, avec la réduction à la direction horizontale des branches conservées, à l'allongement du tronc.

Dans toutes les suppressions de branches auxquelles on est conduit par l'application de cette méthode ou par toute autre cause, il y a des précautions très-simples à prendre pour empêcher la carie, mais elles sont essentielles et d'une efficacité certaine.

Au lieu de couper les branches à une certaine distance du tronc, comme on le fait le plus souvent, il faut les couper verticalement et tout à fait *rez-tronc*, en faisant en sorte que la plaie raccorde le mieux possible l'aubier. Puis on recouvre de coaltar la section ainsi pratiquée.

Le seul fait de la section rez-tronc et verticale peut dans beaucoup de cas où les plaies sont petites conduire à un recouvrement de la plaie, mais on n'est jamais sûr d'éviter la carie, et le danger augmente avec les dimensions de la plaie. Tandis qu'en recouvrant la plaie de coaltar il n'y a jamais carie, le recouvrement de la plaie par le bois nouveau est bien plus rapide et le vide qui peut rester entre la plaie et le bois nouveau est bien moindre.

Si l'on coupe une branche un peu loin du tronc, il se forme à sa base un nœud qui durcit très-vite et où la séve ne circule bientôt presque plus, de sorte que le chicot

de la branche meurt et tombe bientôt en laissant un trou qui ne peut plus se refermer.

Non-seulement M. de Courval a enseigné le moyen de produire plus vite de plus beaux arbres pour l'industrie, mais il est encore arrivé à rendre à la vie de vieux arbres couverts d'ulcères, simplement en leur appliquant le remède pratiqué avec succès sur les dents cariées. Il nettoie avec soin la plaie, y passe du coaltar pour arrêter la carie et détruire les insectes, puis remplit la plaie avec du bois, du ciment ou une matière quelconque non hygrométrique. Pourvu que ce tampon affleure bien les bords avivés de la plaie, et qu'on ait soin de le recouvrir de coaltar, le recouvrement se produit et au bout de quelques années l'arbre revient à la vie.

En résumé, par leur méthode de conduite et d'élagage des arbres, ces messieurs atteignent les résultats suivants :

1° Croissance plus rapide et plus régulière du tronc, et par conséquent accroissement de revenu ;

2° Certitude de préserver les sujets de la carie ;

3° Suppression des inconvénients qui résultent pour les végétaux du voisinage d'arbres qui projettent une ombre épaisse autour d'eux.

M. Rouyer, après avoir donné quelques notions générales sur la méthode en elle-même, ajoute quelques explications sur les soins à donner aux arbres forestiers aux diverses époques de leur végétation. Il indique comment d'un jeune arbre maltraité par le vent, et dont la tête a été rompue, on peut refaire un arbre droit et de belle venue : il donne aussi quelques explications sur le procédé à employer comme conséquence de la méthode en question pour produire les arbres recourbés qui offrent une ressource précieuse pour la marine.

Enfin il termine sa communication par une description succincte de l'outillage nécessaire à un élagueur, et qui peut se réduire à : 1° une échelle, 2° une serpe à tranchant rectiligne au lieu de la serpe avec un bec recourbé, et 3° un pot à coaltar accompagné d'une brosse de moyenne grosseur.

M. le Président, en remerciant M. Rouyer de son intéressante communication, revient sur l'importance des résultats obtenus par MM. de Courval et des Cars.

Il fait observer que les ingénieurs sont fortement intéressés aux méthodes de culture propres à faire disparaître les vices sans nombre des bois de construction. Ces vices dont la longue énumération est inscrite dans les cahiers des charges des travaux de charpente, naissent, pour la plupart, de causes analogues à celles signalées par M. de Courval. Mais il en est une dont il n'a pas été question et qui a une importance première, car elle frappe plus d'un tiers des bois de haute futaie. C'est la tranche. La tranche est le résultat de la torsion de l'arbre pendant sa croissance. La torsion de l'arbre est provoquée par plusieurs causes, dont la principale est l'action du vent régnant le plus habituellement sur le feuillage. Les arbres placés sur les lisières des forêts y sont particulièrement exposés. Leur feuillage se développe du côté de l'air et du soleil, leur centre de figure change, leur centre de gravité change naturellement aussi, le vent régnant les fait alors tourner. Le mouvement rotatif une fois commencé ne s'arrête plus, car la même cause produit incessamment le même effet dans la même direction, et il n'est pas rare que dans une période de 75 à 100 ans l'arbre n'ait fait un tour entier sur lui-même. Alors les fibres affectent la direction d'une spirale autour de l'axe de l'arbre. Débité en poutres, cet arbre est ou re-

jeté ou affecté très-sérieusement dans sa résistance ; débité en planches, les fentes les coupent en travers : le bois est donc impropre à la menuiserie.

Dans le centre même d'une futaie un arbre tourne parce que l'élagage inégalement pratiqué autour de son axe lui rend plus facile le mouvement de rotation sur ses racines, si le vent pénètre jusqu'à lui. Quant aux arbres isolés, ils sont livrés à eux-mêmes. La feuille se développant moins du côté du nord que du côté de la lumière du soleil et de la chaleur, l'arbre accomplit un mouvement de rotation continu, sous l'influence du vent habituel. Le mouvement commencé s'accomplit invariablement. On ne rencontre pas d'arbre tordu ou tranché vers le pied qui ne le soit dans toute la longueur du tronc.

La recommandation, faite par M. de Courval, de donner par l'élagage des branches feuillues la forme ovoïde suivant un centre de figure passant par l'axe de l'arbre, c'est-à-dire par son centre de gravité, serait un excellent remède, à la condition d'une surveillance assidue sur l'influence des vents régnants.

La production du bois de charpente est, en France, presque exclusivement confiée à l'Administration des forêts : il serait à désirer qu'elle fut intéressée à la qualité du produit.

M. Normand continue ensuite ses observations sur les machines marines.

Ce complément d'examen portera sur une question qui est de nos jours de la plus haute importance : la puissance réelle fournie par les divers types comparativement à leur force nominale, en d'autres termes le *rendement* des machines en *force effective*.

Une véritable anarchie règne actuellement sur cette question fondamentale, l'unité *de puissance*, point de départ de toutes les appréciations de *consommation* de poids et même de *prix de revient* des moteurs.

Ce n'est pas dans les traités publiés jusqu'ici sur la machine à vapeur qu'on trouvera beaucoup d'indications sur cette question, car parmi ceux qui ont entrepris de professer les principes, les uns se sont tenus sur ce point dans la réserve la plus absolue, d'autres se sont livrés à des appréciations de fantaisie, et partant de ces suppositions, que la pression dans le cylindre est égale à celle de la chaudière, que celle-ci est toujours à son taux maximum et que la force effective est rigoureusement égale à la puissance nominale, ils sont arrivés à ces fameuses utilisations de 33 p. 100 qui brillent encore de nos jours dans quelques traités de la machine à vapeur.

Les conséquences de cet état de choses sont tristes ; aujourd'hui rien n'est plus semblable à telle machine dite de *cinquante* chevaux, que telle autre vendue ailleurs pour *cent*. Des intérêts considérables sont compromis par cette confusion des langues qui offre trop de ressources à l'incapacité et à la mauvaise foi, et on pourrait citer des cas où des acquéreurs de machines, *ruinés* par les malentendus que nous signalons, se sont vu appliquer par les tribunaux la *lettre* de contrats dont il leur avait été impossible de peser la signification et de prévoir la portée.

Pour apprécier en parfaite connaissance de cause l'état de la question, il est nécessaire de remonter aux débuts de l'industrie qui a pour objet la création des instruments de la production artificielle de la force motrice.

James Watt eut cette heureuse pensée de définir la puissance des machines par une expression simple et intelligible pour tous. Les chevaux attelés aux manéges des fabriques, et qu'il venait remplacer, lui servirent de mesure. Il trouva que les bons

chevaux des brasseries de Londres fournissaient un travail de 33,000 livres élevées à 1 pied de hauteur par minute (76 kilogrammètres par seconde). Cette unité légèrement diminuée est devenue la mesure légale en France, et elle est employée sanséquivoque et partant sans inconvénient pour la mesure des forces hydrauliques.

Mais la machine à vapeur a, *dès le début*, fourni un excédant notable de puissance comparativement à l'unité *fictive*. Dans le but de compenser toutes les résistances passives, imparfaitement appréciées alors, et constituer une marge surabondante, Watt admit que la pression moyenne *nette* de la vapeur sur les pistons, était seulement de *sept livres par pouce carré* ($0^{k}.49$ par centimètre carré). Or comme dès cette époque l'effort moyen de la vapeur sur les pistons mesuré à l'indicateur atteignait 14 livres, le travail brut sur les pistons ressortait à 150 kilogrammètres par cheval nominal, ce qui avec un rendement qui ne peut être estimé à moins de 0,80, faisait ressortir la puissance *nette* sur l'arbre à 120 kilogrammètres par cheval.

M. Normand expose incidemment qu'il a fait des expériences précises sur cette question de l'utilisation des machines par rapport à la puissance brute de la vapeur sur les pistons. Des observations simultanées au frein et à l'indicateur lui ont fourni des rapports qui n'ont jamais été au-dessous de 0,80 et qui dans des machines à balancier de Woolf à longue course, se sont élevés jusqu'à 0,85. La fraction complémentaire représente les frottements et le mouvement des organes résistants de la machine. L'appréciation de M. Normand est basée sur des observations nombreuses tant sur des machines fixes que sur des machines marines.

Pendant un demi-siècle l'unité de mesure établie par Watt a été observée invariablement par les constructeurs du monde entier, non-seulement pour les machines à condensation, mais aussi pour les machines à haute pression.

Pour ce qui a trait aux machines fixes, les bons constructeurs, principalement de la province, ont continué et même étendu ces traditions de bonne livraison. Dans le centre rouennais, par exemple, les constructeurs garantissent couramment *deux* chevaux de force nette par cheval nominal, ce qui correspond à 180 ou 200 kilogrammètres sur les pistons.

En d'autres parties de la France, notamment à Paris, quelques constructeurs ont introduit des habitudes différentes et par la dégradation des types sont parvenus à faire paraître bon marché ce qui est effectivement très-cher. La construction des locomobiles est venue encore renchérir sur ces errements.

Le développement de la navigation à vapeur présente un tout autre spectacle. A partir de 1840, et principalement sous l'impulsion magistrale de John Penn, la machine marine fournit un rendement toujours croissant de puissance.

Tout d'abord, la chaudière tubulaire élève à $1^{k},00$ par centimètre carré la pression sensible de la vapeur qui était, dans les chaudières à carneaux, d'un demi-kilogr. seulement, ce qui augmente de 33 pour 100 la tension *absolue* de la vapeur. L'augmentation de *vitesse* des bâtiments, et par suite des machines, constitue un autre accroissement de puissance de 100 pour 100. En résumé, à partir de 1845, le rendement brut de toutes les bonnes machines marines anglaises est porté à 225 kilogrammètres par cheval.

Les éléments de la puissance, pression et vitesse, continuent à s'accroître, et en 1850 le rendement de 300 kilogrammètres est pleinement réalisé; ce résultat est notamment obtenu sur les paquebots *Orne* et *Cygne*, par Penn et Mazeline.

En 1858, sur le yacht royal de Prusse, *le Grille*, construit par M. A. Normand,

une machine de 160 chevaux nominaux de Penn, réalise 375 kilogrammètres sur les pistons, soit *cinq* fois la force nominale.

Aujourd'hui, enfin, sur les bâtiments dont la grande rapidité réclame, en même temps qu'elle *facilite*, un développement élevé de force effective, les bons constructeurs fournissent, par cheval nominal, 450 kilogrammètres sur les pistons, soit *six* fois la force nominale!

De l'autre côté de l'Atlantique, l'esprit entreprenant et énergique des constructeurs américains les a constamment maintenus au niveau des progrès accomplis par leurs confrères d'Angleterre, et lorsque le développement de la navigation océanienne est venu mettre en parallèle immédiat les flottes à vapeur des deux grandes nations maritimes, les succès des paquebots Collins, et, plus tard, ceux du Vanderbilt et de l'Adriatic, ont été le résultat d'une bonne utilisation des *poids* et du *combustible*, et aussi d'un grand développement de force effective.

M. Normand examine ensuite comment le rôle de la France a été tenu dans cette lutte si intéressante pour notre intérêt et pour notre honneur.

La Marine impériale qui, par sa situation prépondérante, donne chez nous le ton à toute l'industrie des machines marines, n'a marché qu'avec la plus incompréhensible lenteur dans la voie du progrès de la puissance effective, et se trouve aujourd'hui complétement débordée par les marines étrangères.

Lorsque la continuation des anciens errements lui a été absolument impossible, le premier pas de la Marine impériale a été l'adoption d'un procédé au moins original pour jauger la force des machines. *Trente kilos de vapeur* accusés par l'indicateur dans le cylindre, par heure, ont été réputés la mesure du cheval-vapeur. Quant au bon emploi de cette vapeur, la formule ne s'occupait pas de ce détail.

On ne sera pas surpris d'apprendre que ce mode singulier de mesurer la puissance *par la consommation* n'a pas été en usage plus de trois ou quatre ans.

Depuis 1850 jusqu'à ces derniers temps, la Marine impériale a suivi une méthode en partie double : une mesure, dont nous parlerons plus loin, du *volume* décrit par les pistons, et, en outre, un rendement de 200 kilogrammètres.

Enfin, depuis une année, l'unité de 300 kilogrammètres a été proclamée. Nous allons voir si les moyens nécessaires sont employés pour la réaliser en pratique.

Le développement de la puissance dans la machine à vapeur se résume forcément dans ces *deux* termes : *volume* décrit par le piston, et *pression* moyenne de la vapeur.

Le cheval de 75 kilogrammètres par seconde (en négligeant la petite différence avec l'unité anglaise) peut être exprimé aussi par 4,500 kilogrammètres par minute. Le rendement de 150 kilogrammètres, avec une pression moyenne à l'indicateur de 1k,06 par centimètre carré qui était réalisé dans les machines de Watt, correspondait donc à un volume décrit par les pistons pendant une minute de $0^{m3},90$.

La formule de la Marine impériale $F = \frac{D^2 CN}{0.59}$ (1850-1865) avait, on peut l'affirmer, le tort grave de ne fournir *aucune* augmentation du volume décrit par les pistons et de faire dépendre ainsi tout accroissement de la puissance de la *tension* plus élevée de la vapeur, tandis que partout ailleurs, le volume décrit par les pistons était la source principale à laquelle était demandé le progrès de la puissance effective. En effet, dans cette formule le volume est égal a $0^{m3},59 \times 2 \frac{1}{4} \pi = 0^{m3}\,926$.

M. Noramnd présente le tableau ci-contre, sur les conditions de travail de machines de divers constructeurs à des époques successives.

ÉLÉMENTS DE PUISSANCE ET D'UTILISATION DE LA VAPEUR FOURNIS PAR DIVERS TYPES DE MACHINES MARINES.

ANNÉES DE LA CONSTRUCTION.	NOMS DES CONSTRUCTEURS.	NOMS DES BATIMENTS.	PUISSANCE NOMINALE EN CHEVAUX.	PRESSION ABSOLUE DANS LES CHAUDIÈRES.	MOUVEMENT DES PISTONS DE DÉTENTE.			VOLUME DÉCRIT PAR CHEVAL nominal.		RENDEMENT DE PUISSANCE par cheval nominal.
					NOMBRE.	DIAMÈTRE.	VITESSE par minute.	ACTUEL.	ÉQUIVALENT pour 2 atm. 50	
				atm.			m.	m³.	m³.	kilogr.
1800	Boulton et Watt.........	....	»	1.40	1	»	»	0.90	0.50	150
1836	Barnes et Miller.........	*Normandie*.........	120	1.50	2	1.14	59	1.00	0.60	150
1844	John Penn.	*Fairy*............	120	2.50	2	1.07	75	1.12	0.90	225
1850	Mazeline	*Cygne*	80	2.00	2	0.94	85	1.48	1.48	300
1858	John Penn.............	*Grille*............	160	2.50	2	1.12	125	1.53	1.53	375
1863	Humphries	*Poonah*	500	2.70	2	2.60	120	2.50	2.80	300
1858	R. Napier	*Scotia*.............	1000	2.50	2	2.54	130	1.30	1.30	300
1864	B. Normand.............	*Commerce*	30	4.00	1	0.64	110	1.20	1.90	300
1866	B. Normand	*François Ier*........	100	4.00	1	1.28	100	1.30	2.00	340
1867	Nillus Normand..........	*Morlaix*...........	70	3.00	1	1.00	140	1.57	1.88	340
1867	John Penn..............	*Sapho*	350	2.50	2	1.60	150	1.70	1.70	450
1867	Ravenhill Hodgson.......	*Lord Clyde*.........	1000	2.50	2	2.95	150	2.00	2.00	450
1864	Randolph et Elder.......	*Constance*	500	2.50	4	1.98	120	3.00	3.00	350
1850-60	Marine impériale.........	$F = \frac{D^2 CN}{0.59}$.......	»	2.50	2	»	»	0.92	0.92	225
1867	Marine impériale.........	*Friedland*..........	950	2.75	2	2.10	150	1.10	1.21	300
1867	Marine impériale.	*Atalante*...........	450	2.75	2	1.60	140	1.25	1.32	300

M. Normand expose ensuite comment la comparaison doit être établie entre les espaces offerts à l'action de la vapeur dans les machines à fonctionnement ordinaire, et dans celles où la vapeur fonctionne à *double détente*, c'est-à-dire par son passage successif dans deux cylindres de capacités croissantes.

Dans cette dernière classe de machines les volumes à considérer sont seulement ceux décrits dans les cylindres de détente, puisque la totalité de la vapeur passe dans ces derniers et que les cylindres d'admission ne font autre chose que de décharger les seconds de l'effort initial de la vapeur.

Pour établir une comparaison exacte entre les machines fonctionnant à des pressions différentes, les volumes actuellement fournis doivent être augmentés ou diminués dans le rapport des pressions de la vapeur à celle prise pour unité de comparaison.

Toutefois il faudrait bien se garder de s'en rapporter uniquement pour cette correction à la charge des soupapes qui n'indique rien autre chose qu'une tension maximum. La pression effective de la vapeur en service dépend exclusivement du rapport entre les éléments de la vaporisation et ceux de la dépense de vapeur.

La comparaison entre ces données de la puissance dans les types de la Marine impériale et dans ceux des appareils d'un certain nombre de constructeurs n'est pas satisfaisante.

Nos générateurs sont encore établis avec la proportion de $1^{m2}.60$ par cheval. Beaucoup de constructeurs anglais donnent depuis longtemps 2 mètres carrés, quelques-uns ont même fourni jusqu'à $2^{m2}.25$.

Considérant les faits qu'il a exposés et les données contenues dans le tableau comparatif ci-contre, M. Normand pense que le résumé et les conclusions suivantes s'imposent forcément :

1° L'augmentation considérable de puissance effective réalisée dans les machines marines modernes a été due surtout à l'accroisement des *volumes* offerts à l'action de la vapeur ;

2° Les tendances générales aujourd'hui vers un fonctionnement moins désavantageux de la vapeur imposent l'emploi de plus grandes détentes et par suite une *nouvelle* augmentation des volumes décrits par les pistons ;

3° La pratique des constructeurs qui ont réalisé les plus hauts résultats de puissance et d'économie de fonctionnement, est en complet accord avec les principes que nous venons d'exposer ;

4° La Marine impériale a été à toutes les époques en retard sur le mouvement général vers un fonctionnement plus ample et plus économique ; et ses tentatives actuelles de réaliser à la fois un plus grand développement de puissance et un fonctionnement plus parfait, sans l'emploi des éléments rigoureusement indispensables, ne peuvent conduire qu'à des mécomptes et aux plus déplorables résultats.

MM. Battarel, Matthiessen et Meyer fils ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 22 Novembre 1867.

Présidence de M. E. Flachat, *Président*.

Le procès-verbal de la séance du 25 octobre est adopté.

M. le Président annonce le décès de M. Cahen, membre de la Société.

M. le Président fait part à la Société de la nomination de M. Love comme chevalier de la Légion d'honneur.

La Société a reçu de M. Jacqmin, ingénieur des ponts et chaussées, directeur d l'exploitation du chemin de fer de l'Est, un exemplaire de son ouvrage sur l'*Exploitation des chemins de fer*.

M. le Président attire l'attention sur cet ouvrage important. C'est le cours professé par l'auteur, à l'École des ponts et chaussées en 1867. Il contient sur l'appréciation de la tâche que les compagnies ont à remplir, sur les moyens dont elles disposent, ainsi que sur l'exploitation technique et commerciale, un ensemble de notion présentées avec un rare mérite d'ordre et d'organisation. Ce qui domine dans ce livr et lui donne un grand attrait, c'est la direction élevée et libérale des principes qu doivent guider tout le monde, administration, compagnies et l'opinion publiqu elle-même dans la voie que l'intérêt général impose à l'industrie des chemins de fe

M. le Président donne la parole à M. Frot, pour la lecture de sa communicatio sur sa machine à ammoniaque.

M. Frot cherche à démontrer que rien ne s'oppose à ce que l'on puisse trouver u agent plus économique que la vapeur qui n'utilise guère que 1/18 de la chaleur dépensée dans le foyer.

Il cite diverses objections émises par M. Verdet et M. Combes qui ont préven contre tous les essais de ce genre.

M. Frot rappelle l'objection telle qu'elle a été présentée par M. Combes à la Sociét d'encouragement. Elle est basée sur les dépenses de travail employé pour le transpor de la chaleur.

Il donne quelques exemples de ce transport de chaleur sans production ni absorption de travail, et dit qu'il résulte des explications qu'il vient de donner que l transport gratuit de la chaleur n'a rien que de conforme à la théorie, et que cett objection qui a prévenu tant de personnes contre les machines qui n'emploient pa la vapeur d'eau tombant d'elle-même, il n'y a pas lieu de rejeter sans un exame sérieux les tentatives qui peuvent être faites dans ce sens.

M. Frot rappelle les différents essais tentés jusqu'à présent et classe en troi groupes principaux les divers moteurs expérimentés jusqu'à ce jour.

Dans le premier groupe on dilate simplement les gaz moteurs (machines à gaz

Dans le deuxième groupe on vaporise des liquides (machines à vapeur d'eau, machines à vapeur combinées).

Dans le troisième groupe, on fait intervenir l'affinité chimique, on défait des dissolutions. La machine à ammoniaque doit être rangée dans ce troisième groupe.

Dans les machines à air chaud, le travail dépensé pour l'alimentation et par les résistances passives absorbe au moins les 4/5 du travail total; les machines sont par suite très-volumineuses et l'économie que fait espérer la théorie est difficile à réaliser.

L'inflammabilité des vapeurs, les dangers d'explosion ont fait renoncer à l'emploi des machines à vapeur combinées.

Il reste donc les machines du troisième groupe.

M. Frot fait remarquer que tous ses essais sont basés sur le principe suivant:

La chaleur latente de dissolution du gaz ammoniac, dans l'eau, est la somme algébrique de la chaleur latente de liquéfaction de ce gaz, et de la chaleur de combinaison du gaz ammoniac et de l'eau.

Cette valeur a été déterminée par M. Frot, dans une série d'expériences au calorimètre, et a été trouvée inférieure à 126 calories, chiffre très-différent de 515 calories, donné par plusieurs physiciens comme représentant la chaleur latente de liquéfaction du gaz ammoniac.

La relation qui existe entre les températures et les pressions en vase clos est représentée par la formule empirique

$$P = 1.1 - 0,035\,t + 0,001\,t^2,$$

qui peut être remplacée approximativement par la formule

$$P = -5.5 + 0,13\,t.$$

Formule qui n'est applicable qu'à partir de 50 degrés et pour des pressions restreintes; si on l'applique pour la pression de 6 atmosphères, on trouve que la température correspondante est de 89 degrés.

Dans ces différentes expériences, M. Frot a employé une dissolution de gaz ammoniac, marquant 22 degrés à l'aréomètre.

M. Frot donne ensuite des détails sur les différentes expériences qu'il a entreprises pour vérifier l'action de l'ammoniaque sur différents métaux.

Tandis que le cuivre est attaqué rapidement, le fer conserve indéfiniment son poli dans une dissolution même très-étendue de gaz ammoniac.

Il a donc suffi, en pratique, de remplacer toutes les pièces en cuivre par des pièces en fer pour obtenir une durée indéfinie de ces organes.

Au point de vue de ces essais préliminaires, M. Frot conclut en ces termes:

1° Le rapport des deux chaleurs latentes: dissolution du gaz ammoniac dans l'eau, liquéfaction de la vapeur d'eau, étant d'environ un cinquième, l'emploi du gaz ammoniac doit présenter nécessairement une grande économie.

2° La mise en pression et en marche d'une machine à ammoniaque est très-rapide et n'exige que la moitié du temps nécessaire avec la vapeur d'eau.

3° L'innocuité parfaite de l'ammoniaque sur le fer permet d'assigner aux chaudières une durée presque indéfinie.

4° Les fuites par les presse-étoupes ne se produisent pas par suite de la saponification des huiles ou des graisses par le gaz ammoniac, parce qu'il se produit un savon onctueux assez liquide pour lubréfier parfaitement les surfaces frottantes, et ayant assez de consistance pour s'opposer complétement au passage des gaz.

5° En cas d'explosion, la température du liquide descend immédiatement à la température d'ébullition de la dissolution ammoniacale ou 50°, température que l'on peut supporter facilement.

6° Enfin la densité faible du gaz ammoniac et son odeur pénétrante, qui permet de constater les moindres fuites, son ininflammabilité, sont autant d'avantages en faveur de l'ammoniaque comparée aux liquides très-inflammables, tels que l'éther, le chloroforme, dont les vapeurs sont beaucoup plus lourdes que l'air, se dissipent difficilement et forment avec l'air des mélanges explosifs.

M. Frot ajoute que sa machine a aussi l'avantage de pouvoir être alimentée au besoin avec de l'eau pure, si par une cause quelconque la provision d'ammoniaque se trouve épuisée.

Tout le jeu de l'appareil repose sur le dégagement du gaz ammoniac de sa dissolution, et sur la reconstitution de cette dissolution par l'absorption du gaz ammoniac dans l'eau. Cette eau est puisée dans la chaudière, dans laquelle la saturation n'est jamais complète, est refroidie dans le condenseur par son contact avec l'eau d'alimentation avec laquelle elle échange à peu près complétement son calorique.

En résumé, le fonctionnement du nouveau moteur consiste en un échappement simultané de deux courants, l'un gazeux, l'autre liquide, pris tous deux à la chaudière : le premier, le courant gazeux, passant par le cylindre où il transforme une partie de sa chaleur en travail ; le second, le courant liquide, venant rejoindre le courant gazeux au sortir du cylindre pour l'absorber et lui permettre de rentrer dans la chaudière sous forme liquide.

Après avoir développé le côté théorique de la question, M. Frot passe en revue les différentes applications qu'il a faites des principes développés précédemment.

Une première machine d'un demi-cheval, une autre de six chevaux ont d'abord été expérimentées par M. Frot.

Ce n'est qu'après les nombreuses études faites que la machine de quinze chevaux, qui figurait à l'Exposition, fut transformée en machine à ammoniaque.

Cette locomobile appartient à la marine impériale, qui l'a mise à la disposition de l'inventeur, suivant le désir de l'Empereur, qui s'est intéressé tout particulièrement à cette étude.

Pour transformer cette machine à vapeur d'eau en une machine à ammoniaque, on ne fit d'autres modifications que de substituer le fer au cuivre partout où ce métal devait être en contact avec le gaz, et d'ajouter à la machine un appareil spécial, le dissoluteur, destiné à reconstituer la dissolution ammoniacale pour la renvoyer dans la chaudière.

La chaudière étant remplie d'une dissolution de gaz ammoniac, on la chauffe. Les gaz se dégageant à la pression de six atmosphères, qui correspond à une température de 111°, pour une dissolution marquant 19° à l'aréomètre, vont travailler dans le cylindre, s'échappent dans les tubes d'un condenseur, où la vapeur se condense et le gaz ammoniac se refroidit. Ce mélange rencontre l'eau d'injection non saturée venant de la chaudière qui dissout le gaz, puis chemine autour des tubes d'un dissoluteur tubulaire où s'achève la dissolution, qui est alors reprise et renvoyée dans la chaudière par la pompe alimentaire.

L'eau d'injection est refroidie d'abord dans un serpentin plongé dans le conduit d'alimentation, et qui abandonne ainsi à la dissolution qui retourne à la chaudière la presque totalité de son calorique, puis dans un autre serpentin entouré d'eau froide.

L'eau employée au refroidissement passe d'abord dans les tubes du dissoluteur

pour enlever le calorique de dissolution, puis entoure les tubes du condenseur, afin de condenser la vapeur d'eau et refroidir le gaz ammoniac, et enfin débouche dans un réservoir qui contient le serpentin d'extraction de la chaudière.

Avec sa machine à ammoniaque, M. Frot n'espère pas obtenir un vide aussi parfait qu'avec la vapeur d'eau, 35 à 40 centimètres au plus, ce qui tient à la faible température d'ébullition de l'ammoniaque liquide.

Une soupape, placée à la partie supérieure du dissoluteur, permet au moment de la mise en marche de se débarrasser de l'air qui peut remplir l'appareil.

Cet air s'échappe en traversant de l'eau, qu'on renouvelle lorsqu'elle est saturée de gaz ammoniac.

Les soupapes de sûreté, les robinets de purge, communiquent par des tuyaux spéciaux avec le condenseur.

M. Frot cite, en terminant, les résultats des expériences qu'il a faites sur sa machine de 15 chevaux du 9 au 26 janvier 1867, et dans lesquelles il a successivement opéré sur la machine contenant de l'eau, et ensuite sur ce même moteur fonctionnant avec l'ammoniaque.

Il a trouvé que les consommations étaient dans le rapport de 1 à 3; c'est-à-dire qu'une machine à vapeur transformée en machine à ammoniaque ne consomme plus que le tiers du combustible qu'elle dépensait pour faire le même travail.

M. Frot ajoute que cette même machine a été expérimentée par une commission de la marine pendant près de quatre mois. Cette commission a aussi reconnu que la substitution du gaz ammoniac à la vapeur d'eau procurait une grande économie de combustible.

M. le Président remercie M. Frot de son intéressante communication et en remet la discussion à la prochaine séance.

M. de Dion appelle l'attention de la Société sur les idées émises dans plusieurs mémoires de la *Collection des Annales des ponts et chaussées,* relativement au calcul des moments maxima dans les ponts métalliques droits.

Ainsi on trouve dans le mémoire de M. Renaudot (*Annales* mai 1866) les passages suivants, p. 375 : « Jusque dans ces dernières années, *par suite de l'ignorance* dans laquelle on était des propriétés caractéristiques des contours enveloppes étudiées au chap. Ier, les constructeurs qui voulaient appliquer au calcul d'une poutre droite à plusieurs travées la méthode Clapeyron se bornaient, comme l'avait fait lui-même dans plusieurs applications l'auteur de la méthode, à calculer l'effet de surcharges particulières, supposées devoir influencer de la façon la plus dangereuse les diverses parties de la poutre. »

Plus loin, page 376 : « Comme second exemple de l'application de nos tables, nous choisirons le pont d'Asnières. La mise en regard des résultats donnés par les deux procédés, nous donnera lieu d'appeler l'attention sur les *erreurs assez notables* que comportait, dans l'évaluation des efforts maximum, l'emploi de l'ancienne méthode considérée cependant comme méthode exacte. »

A l'appui de cette assertion, M. Renaudot donne pour un moment y, la valeur de 532,000 au lieu de 405,000, trouvant ainsi une *erreur* de 127,000, soit de 32 p. 100.

M. Renaudot arrive à un pareil résultat parce qu'il ne tient aucun compte des limites que la destination même de l'ouvrage impose aux données du problème.

La surcharge qu'un pont peut avoir à supporter se compose, à la limite extrême, du poids d'un train entièrement composé de locomotives, d'une longueur plus ou

moins considérable. Dans ce cas, le moment maximum au milieu des travées a lieu lorsque le train a la longueur d'une travée, et le moment maximum, au-dessus des piles, a lieu lorsque le train a la longueur de deux travées.

M. Renaudot, pour arriver à trouver des moments fléchissants plus considérables, suppose qu'un pont de 10 travées, par exemple, peut avoir à supporter le passage de 5 trains de locomotives, ayant chacun la longueur d'une travée, indépendants les uns des autres, et circulant avec tant de précision, qu'ils conservent entre eux une distance précisément égale à la longueur d'une travée.

C'est avec des combinaisons de surcharges aussi étranges, qu'on arrive en effet à trouver des moments fléchissants plus considérables qu'avec le premier calcul qui vient d'être indiqué.

M. Clapeyron et tous ceux qui se sont occupés des ponts d'Asnières et de Langon savaient parfaitement qu'une charge placée sur une travée produisait des effets alternatifs sur les travées voisines; mais ils ont considéré que le calcul devait se restreindre, quant aux surcharges possibles, aux conditions pratiques.

Les opinions de M. Renaudot sont celles de quelques ingénieurs, qui les ont puisées au cours de M. Bresse; mais, si on comprend qu'un professeur se laisse aller à examiner le cas général d'une question et à la traiter sous le point de vue purement géométrique, on comprend moins comment des ingénieurs peuvent oublier la réalité, au point de vouloir imposer aux travaux de notre pays, des conditions en dehors de toute probabilité.

M. le Président remercie M. de Dion de ses observations, d'abord à cause du respect qui est dû aux éminents travaux de M. Clapeyron, et puis en son nom personnel comme constructeur du pont d'Asnières, avec la collaboration de M. Molinos dans les calculs, et celle de MM. Deligny et Le Cler dans la construction, tous trois membres de cette Société. Il est d'autant plus naturel que M. de Dion intervienne à propos de la critique dont la méthode de calcul de M. Clapeyron est l'objet, qu'il avait été chargé par lui et par le Président actuel de la Société d'appliquer cette méthode au pont de Langon, sur la Garonne.

Les mots d'*ignorance* et d'*erreur* sont d'un bien fâcheux usage vis-à-vis d'un savant aussi distingué et ausssi digne de considération que M. Clapeyron. Mais il n'y a vraiment lieu d'attacher au reproche qui lui est fait d'autre importance que celle de sa forme et de son insertion dans un recueil aussi haut placé que les *Annales des ponts et chaussées*.

Il y a là, en effet, deux questions bien distinctes à examiner : celle qui est de pure théorie, et sur ce point tous les ingénieurs qui ont travaillé avec M. Clapeyron seront d'accord que le reproche d'*ignorance des propriétés caractéristiques des contours enveloppes* est aussi injuste que mal fondé. Les preuves matérielles des hypothèses calculées par M. Clapeyron, sur les positions et répartitions des charges d'épreuve, soit sur les parties, soit sur l'ensemble d'un ouvrage, pourraient être produites encore aujourd'hui; elles établiraient que ce reproche d'*ignorance* ne peut atteindre sa mémoire.

La seconde question, celle d'*erreur* dans le poids et la répartition des charges d'épreuves, propres à produire les efforts maxima, est tout autre, mais elle n'est personnelle, si elle existe, ni à M. Clapeyron, ni à un ingénieur quelconque; elle est du ressort de tous, et surtout de l'Administration supérieure. Mais hâtons-nous de le dire : elle n'est pas plus justifiée que la première.

M. Renaudot, se donnant pour mode de répartition de la charge, que deux trains

peuvent se suivre, est dans le vrai avec tout le monde : en supposant que ces trains sont égaux en longueur à celle des travées de l'ouvrage et qu'ils sont espacés de la longueur d'une travée, il sort de la pratique des choses; cependant, jusque-là, il n'y a aucun intérêt à discuter la donnée qu'il imagine, car le poids seul en fait la mesure. Mais quand il suppose que ces trains seront tous entièrement composés de locomotives, qu'ils auront tous la longueur d'une travée et qu'ils se suivent espacés entre eux exactement de la longueur d'une travée, il entre réellement, à pleines voiles, dans le domaine de l'imagination. Le reproche d'*erreur* doit-il être fait, dans ce cas, à ceux qui n'ont pas imaginé de pareilles hypothèses, ou à ceux qui en admettent la possibilité ?

Pour juger le mérite de ces hypothèses il faut voir leurs résultats, et, à ce propos, il est bon de rappeler ce qui s'est produit à l'origine de l'application des ponts composés de poutres métalliques. Alors il n'existait d'autres précédents sur les résistances aux charges d'épreuves imposées réglementairement par l'Administration que celles relatives aux générateurs à vapeur, aux ponts suspendus et aux ponts à arches en fonte. Partant de ces données, nous aurions pu, M. Clapeyron, comme administrateur du chemin de Saint-Germain, et moi, comme ingénieur en chef de ce chemin, proposer des résistances de 10 à 14 kilogrammes par millimètre de section, sous les charges d'épreuves. Nous proposâmes la limite de 6 kilogrammes, et, plus tard, comme un moyen économique et prompt de réaliser les diverses épreuves de distribution de la surcharge, l'emploi d'un train de locomotives sur chaque voie et d'une longueur équivalente à deux travées.

Il résultait de ces données que, dans le service habituel, le fer travaillait à 2 ou 3 kilogrammes par millimètre de section, sous la charge d'épreuve à six kilogrammes; tandis que, sous la charge de rupture, le travail eût atteint ou dépassé 30 kilogrammes. Cette énorme marge entre le travail habituel et le travail en surcharge était plus que suffisante; ajoutons, pour la justification de son exagération apparente, que, dans les emplois du métal, certaines dispositions, particulièrement celles des assemblages, exigent des changements de forme qui influent notablement sur les dimensions générales des pièces.

Ces propositions furent acceptées après une étude approfondie par le Conseil des ponts et chaussées. On sait qu'en tout ce qui intéresse la sécurité publique, si l'Administration penche, c'est toujours du côté de l'accroissement des résistances. Ces bases devinrent réglementaires et se traduisirent alors en une charge d'épreuve de 4 tonnes par mètre courant de voie, qui a été depuis portée à 5 tonnes pour les trains de 20 mètres et au dessous. Voilà donc ce dont il faudrait démontrer l'erreur.

Il y a bien des manières d'éprouver un pont métallique: celle qui est provoquée par M. Renaudot n'est pas la seule qui puisse lui imposer la plus grande fatigue ; est-il utile de rechercher dans le cercle d'éventualités impossibles des moyens de réduire les rapports qui existent réglementairement aujourd'hui entre la résistance du fer et les charges d'épreuves. Des ouvrages anciens montrent-ils la moindre trace de fatigue? Mais nulle part on ne découvre d'altération d'un pont ou d'un viaduc construit dans ces conditions. Le métal perd-il de sa qualité dans la construction des ouvrages nouveaux? C'est le contraire qui a lieu.

Les hommes éclairés qui, dans l'Administration publique, croient de leur devoir d'étudier attentivement l'influence de la réglementation sur l'industrie, ont récemment reconnu qu'elle conduisait, par l'exagération des épaisseurs dans la construction des générateurs à vapeur, à l'emploi de tôles de basse qualité. Ils ont remplacé la régle-

tion qui éteint toute responsabilité. Les ponts suspendus ont disparu, on n'en construit plus. La chute de beaucoup d'entre eux a amené ce triste résultat. La réglementation ne les a pas sauvés, mais elle éteignait toute responsabilité; elle a laissé agir des causes de destruction qu'elle ne pouvait prévoir. Un contrôle suivant pas à pas les progrès de l'art, eût été plus efficace pour leur conservation qu'une réglementation immuable.

La parole est ensuite donnée à M. Nordling pour une communication sur les viaducs métalliques du réseau central de la Compagnie d'Orléans.

M. Nordling explique d'abord que les modèles déposés sur le bureau n'ont rien de commun avec ceux qui ont figuré à l'Exposition universelle. Ces derniers étaient exécutés en cuivre, avec le plus grand soin, par M. Jacquin, membre de la Société; leur échelle était double, et si l'impression produite n'était pas en proportion, il faut l'attribuer à l'immensité de la galerie du Champ de Mars. Les trois modèles mis sous les yeux de la Société sont à l'échelle de 0.02, et ont été confectionnés dans les bureaux de la Compagnie d'Orléans, sous la direction de M. Delom, ingénieur du matériel fixe du réseau central. Ils sont en carton, sauf les arbalétriers ronds formés de tringles de fer avec brides en caoutchouc; les soubassements, en bois ou plâtre; les chapiteaux, en bois et les montants des garde-corps, en cuivre. Ce genre de construction paraît se recommander, pour les modèles d'étude, par son économie, par sa rapidité et l'effet vraiment inattendu qu'il produit.

Le réseau central de la Compagnie d'Orléans, continue M. Nordling, en raison de sa situation topographique, est appelé à posséder une collection assez complète de viaducs à piles métalliques. La ligne de Montluçon à Limoges, ouverte en 1864, a exigé la construction du viaduc à deux voies de Busseau-d'Ahun, sur la Creuse, viaduc qui a figuré à l'Exposition et dont une pile est reproduite par l'un des trois modèles. Près d'Aurillac est situé le viaduc de la Cère, livré en 1866, viaduc à une voie dont une pile de forme polygonale, avec 8 arbalétriers et soubassement elliptique, a également figuré à l'Exposition. Aujourd'hui il s'agit de la construction de quatre nouveaux viaducs à une voie, échelonnés sur la ligne de Commentry à Gannat sur un espace de 25 kilomètres. Une telle accumulation pourrait faire supposer une prédilection spéciale de l'auteur pour ce genre de construction; mais M. Nordling se défend contre une pareille imputation, car ce qui est surtout interdit à l'ingénieur, c'est d'être absolu et exclusif. Les piles métalliques peuvent être préférables dans certains cas, les viaducs en maçonnerie doivent l'être en d'autres; la ligne de Gannat elle-même offrira trois grands viaducs en maçonnerie. La Compagnie d'Orléans avait d'ailleurs lutté pendant trois ans pour obtenir un changement de tracé qui eût supprimé deux des viaducs métalliques et trois tunnels.

Les quatre viaducs à construire sont ceux de :

	Hauteur totale.
La Bouble.	66m.10
Le Bellon..	48 .50
La Sioule	58 .80
Neuvial.	44 »

Pour se faire une idée de ces hauteurs, M. Nordling rappelle que la nouvelle tour de la Trinité n'a, dit-on, que 53 mètres; que les tours de Notre-Dame ont exacte-

ment 66 mètres. Voici d'ailleurs dans leur ordre de hauteur les principaux viaducs de l'Europe :

Viaducs.	En maçonnerie.	En métal.
1. Gölzschthal (Saxe)	79m. »	
2. Fribourg		76m. »
3. Elsterthal (Saxe)	68 .50	
4. Bouble (projet)		66 .10
5. Sitter		62 .40
6. Sioule (projet)		58 .80
7. Crumlin		58 .50
8. Morlaix	56 .75	
9. Busseau-d'Ahun		56 .50
10. Cère		55 .30
11. Port-Launay (Bretagne)	52 .50	
12. Gartempe	51 »	
13. Chaumont	50 »	

On voit qu'à part les deux viaducs déjà anciens de la Saxe, et le viaduc tout récent de Morlaix, les viaducs à piles métalliques sont en tête de la liste. Mais ce qui importe à notre sujet, ce n'est pas la hauteur des rails au-dessus de l'étiage ou du sol, mais leur hauteur au-dessus des soubassements en maçonnerie.

La voici :

	Hauteur métallique.
1. Bouble (projet)	62m. »
2. Crumlin	57 .50
3. Sitter	52 .60
4. Sioule (projet)	51 .50
5. Fribourg	48 »
6. Bellon (projet)	42 »
7. Neuvial (projet)	41 .50
8. Cère	39 »
9. Busseau-d'Ahun	38 .90

Le plus grand des deux nouveaux modèles placés sur le bureau représente une pile de 11 étages de la Bouble, et s'applique également aux piles de 9 et 8 étages de la Bouble et de la Sioule. Les avant-becs pointus du soubassement sont motivés par la position des piles dans le champ des inondations.

Le petit modèle à base carrée, à peu près semblable à l'autre dans sa partie supérieure, représente les piles de 7 étages du Bellon et de Neuvial.

Après cet exposé général, M. Nordling passe en revue les perfectionnements introduits tant dans les viaducs déjà exécutés que dans ceux projetés.

Pour atténuer le danger des déraillements, les viaducs de Busseau et de la Cère ont été recouverts de platelages « impénétrables » en chêne de 0m.15 d'épaisseur soutenus par des fers espacés de 0m.66. Dans les nouveaux viaducs le platelage en bois est remplacé par un platelage entièrement métallique, formé de fers spéciaux dont M. Nordling produit un échantillon. Ces fers, dont la forme rappelle l'Oméga, ont 0m.24 de largeur, 0m.12 de hauteur et pèsent 19 kilogrammes par mètre; ils ont été calculés d'après la condition nouvelle de donner un minimum de poids, non pas

au mètre courant, mais au mètre carré. C'est l'usine de Fraisans qui les a déjà fournis pour un tablier métallique en construction dans la traversée du Cantal.

Le « chapiteau à charnière » des piles a été perfectionné : les tabliers reposent visiblement sur l'axe des piles, tandis qu'à Busseau et à la Cère, où la charnière n'a été adoptée qu'en cours d'exécution, les tabliers présentent deux renforts verticaux qui étaient destinés à s'appuyer directement sur les arbalétriers. M. Nordling explique en détail comme quoi la disposition des appuis à charnière doit contribuer essentiellement à préserver les piles de flexions et de vibrations nuisibles.

Le nombre des arbalétriers qui était de 12 à Fribourg, de 8 à Busseau et à la Cère, a été réduit à 4, et M. Nordling n'hésiterait pas à en faire autant pour des viaducs à 2 voies. On échappe ainsi à tout danger de répartition inégale et imprévue de la charge du tablier entre les différentes palées.

Arrivant à l'importante question du vent, M. Nordling rappelle qu'il en a calculé les effets à raison de 170 kilogrammes de pression par mètre carré de pleins pour les viaducs chargés d'un train, ou de 270 kilogrammes pour les viaducs seuls sans wagons, les deux calculs conduisant à peu près au même résultat. Le premier de ces coefficients est déduit de l'expérience des wagons renversés par le vent du côté de Narbonne, de Trieste, etc., et doit être considéré comme une donnée pratique; l'autre coefficient est celui indiqué comme maximum dans les recueils. Contre de pareils efforts de renversement, les piles de Busseau-d'Ahun et de la Cère n'ont pu être garanties qu'à l'aide de fortes barres d'amarres pénétrant de 6 à 7 mètres dans les massifs de maçonnerie des soubassements. Dans son Mémoire publié en 1864 sur les *Piles en charpente métallique*, M. Nordling avait exposé les scrupules que lui inspirait cette disposition, et il avait exprimé l'avis qu'il vaudrait mieux l'éviter au moyen de haubans attachés au sommet des piles. Dans ses nouveaux projets, M. Nordling croit avoir heureusement évité et les haubans et les amarres inaccessibles, au moyen de fortes contre-fiches ou jambes de force appliquées aux étages inférieurs des piles. Pour les piles élevées et placées dans l'eau, ces contre-fiches épousent la forme des avant-becs ; pour les petites piles carrées, les arbalétriers eux-mêmes font l'office des contre-fiches au moyen d'un fort évasement curviligne.

M. Nordling produit plusieurs épures statiques qui montrent l'extrême intensité des réactions intérieures produites par le vent dans les différentes parties de la construction.

M. le Président demande si toutes les pièces ont été calculées en vue de ces effets attribués au vent, et si l'on ne s'est pas laissé conduire ainsi à des dimensions excessives. Il ajoute que si le vent exerçait réellement sur de grandes surfaces des pressions de 270 kilogrammes, il existerait sur le globe bien peu de forêts.

M. Nordling répond qu'il s'est bien aperçu que la majorité des ingénieurs français paraissait considérer les données adoptées comme entachées d'exagération; que pour son compte il s'en réjouissait, puisque cela ne pourrait qu'augmenter la sécurité des viaducs construits, et faciliter les projets ultérieurs; mais il ajoute qu'à en juger d'après une série d'articles publiés par l'*Engineer*, les ingénieurs anglais semblent être d'un avis tout opposé, et qu'en présence de cette double accusation contradictoire, M. Nordling est assez disposé à croire jusqu'à nouvel ordre qu'il se trouve dans un juste milieu assez défendable.

M. Nordling admet du reste qu'il serait fort désirable que de nouvelles expériences fussent entreprises en présence de la portée pratique inattendue que leur assigne le nouveau genre de constructions. Ce qui prouve combien est grossier le

mode de calcul adopté par lui, calcul qui confond les surfaces bombées et les surfaces creuses, les barres plates et les fers à U, c'est le petit moulinet à axe vertical qu'on voit dans quelques jardins populaires et qui tourne sous l'action d'un souffle presque imperceptible par le seul effet de l'exposition différente des demi-cylindres creux attachés aux quatre bras horizontaux.

M. Nordling ajoute qu'il a d'autant moins hésité à subir toutes les conséquences des données admises que l'excès de force motivé par l'effet du vent se traduit par une réduction de la fatigue journalière, et doit donc nécessairement tendre à augmenter la durée et la solidité de ces constructions que le public en général paraît considérer comme suffisamment hardies. Leur prix étant d'ailleurs fort modéré, on serait d'autant moins justifié à faire des économies soulevant des scrupules.

Sur la demande de M. le Président, M. Nordling donne comme son impression, que si l'on faisait abstraction du vent, le prix des piles pourrait être réduit de moitié au moins.

Continuant sa description, M. Nordling fait observer que dans les nouveaux viaducs les barres d'amarre, dont l'écrou reste apparent, peuvent être sorties et visitées à volonté, qu'elles n'ont d'ailleurs que 2m,50 de longueur, grâce au lest dont sera rempli l'intérieur des arbalétriers dont le diamètre extérieur a été porté à 0m,50 et atteindra même 0m,60 pour les tronçons courbes.

M. Nordling aurait voulu ajouter quelques détails sur les assemblages, sur les paratonnerres, sur les dispositions locales adoptées, sur les obstacles qui s'opposent à la généralisation des viaducs métalliques, mais ils se trouvent pour la plupart consignés dans le rapport à l'appui du projet soumis à l'Administration supérieure. L'heure avancée le force à se borner à la question capitale du prix de revient.

Laissant de côté les soubassements en maçonnerie et les culées, et n'envisageant que la superstructure métallique entre les rails et le dessus des maçonneries, on trouve, d'après les marchés conclus, que le mètre courant de hauteur de pile coûtera:

1600 fr. pour la Bouble.
1200 — Neuvial.

Pour la Cère, cette dépense ressortait à 2040 francs.

Le prix du mètre carré d'élévation de superstructure de la Bouble sera de 51 fr. au lieu de 81 fr. pour la Cère. Comme ce prix décroît quand la hauteur augmente, si on se borne à considérer une travée centrale de la Bouble de 50 mètres de portée et de 62 mètres de hauteur, on trouve:

	Par mètre courant de longueur.	Par mètre carré d'élévation.
Tablier	Fr. 1293	20fr.90
Pile (l'une 87,950 fr.)	1759	28 .30
Ensemble	3052	49 .20

Pour un viaduc à deux voies, M. Nordling estime que le prix de la pile n'augmenterait guère, et qu'en doublant celui du tablier on serait peut-être près de la vérité. Cela ferait par mètre carré environ 70 fr.

Pour s'assurer combien ces prix sont inférieurs à tout ce qui a été fait jusqu'à ce jour, il suffit de citer les chiffres suivants:

Viaducs à 2 voies.

1.	Elsterthal (en maçonnerie).....	326 fr.	le mètre carré.
2.	Gölzschthal *id.*	290	Id.
3.	Chaumont *id.*	245	Id.
4.	Morlaix *id.*	224	Id.
5.	Gartempe *id.*	205	Id.
6.	Port-Launay *id.*	154	Id.
7.	Busseau-d'Abun (métal)........	126 10	Id.
8.	Fribourg *id.*	116	Id.

Viaducs à 1 voie.

1.	Sitter (métal)................	106 fr.	le mètre carré.
2.	Cère *id.*	84 86	Id.

Pour éviter tout malentendu, il ne faut, du reste, pas oublier que le prix de $49^{f},20$ est un prix théorique, qui, en réalité, sera forcément dépassé pour l'ensemble des quatre viaducs projetés, parce que : 1° Il ne comprend pas les fondations, et que, 2° le mètre carré coûte plus cher quand la hauteur décroît.

L'ensemble des piles et tabliers métalliques des 4 viaducs de la ligne de Gannat doit coûter 1,590,000 fr. (non compris les maçonneries) pour une longueur de 688^{m}, soit 2,300 fr. par mètre courant de superstructure métallique.

Les deux viaducs de la Bouble et du Bellon sont confiés à la Compagnie Cail et Fives-Lille en participation; ceux de la Sioule et de Neuvial, à M. G. Eiffel, membre de la Société. Et si les prévisions se réalisent, la Bouble et Neuvial doivent être montés en 1868, et le Bellon et la Sioule en 1869.

En terminant, M. Nordling remet à la Société un exemplaire du rapport et des épures mentionnés par lui, ainsi qu'une collection des dessins d'ensemble et de détail des viaducs projetés.

La discussion sur les précédentes communications est renvoyée à la séance prochaine.

Séance du 29 Novembre 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 8 novembre est adopté.

Au commencement de la séance, M. Urbain présente quelques observations au sujet de la communication faite dans la précédente séance sur les moteurs à ammoniaque. La discussion de cette question ayant été continuée dans la séance du 6 décembre, le résumé en sera présenté dans le prochain procès-verbal.

M. le Président ouvre la discussion sur la communication de M. Nordling sur les viaducs métalliques. A l'issue de la dernière séance, un ingénieur de grand mérite, ayant l'expérience la plus étendue des travaux de ce genre, a émis l'opinion que les piles métalliques auraient pu être remplacées avantageusement par des piles en maçonnerie. M. Nordling a déclaré qu'il n'avait pas de préférence exclusive pour le métal et sa sincérité est trop connue pour être mise en doute, mais il n'a pas fait connaître son opinion sur les motifs de préférence en faveur du fer. Il l'invite également à s'expliquer sur l'emploi mixte de la fonte et du fer.

M. Nordling dit que le système en maçonnerie proposé n'est autre que celui adopté en 1855 pour le viaduc de Berne, et appliqué par lui-même en 1856 au viaduc de Guin, entre Berne et Fribourg, avec la seule différence que les piles de Guin sont pleines et celles de Berne creuses. Quand, à cette époque, M. Nordling, en sa qualité d'ingénieur en chef de la ligne de l'Oron, a eu à choisir l'emplacement et à arrêter les dimensions du viaduc de Fribourg, on songeait à peine à une autre solution. Les travaux ont même été commencés sur un projet avec piles en maçonnerie approuvé par le Gouvernement cantonal. Cependant M. Nordling avait déjà des scrupules : car le pont de Berne n'avait que 43m,50, celui de Guin 32 mètres de hauteur ; réussirait-on aussi bien avec 76 mètres? Il ignore si son successeur s'est laissé guider par la même crainte ou par la seule considération de la dépense, mais le fait est que finalement la maçonnerie a cédé le pas au métal, et ce précédent est d'autant plus remarquable que la pierre de taille abondait sur place ; de la pierre de taille en gros blocs et fort économique, employée dans toute cette partie de la Suisse à l'exclusion du moellon. Les autres viaducs à tablier métallique et piles en pierre, tels que la Boyne (Irlande), Saint-Romans (Valence-Grenoble), la Vézeronce (Lyon-Genève), n'ont guère que de 30 à 33 mètres de hauteur, et dans ces limites les voûtes en maçonnerie méritent généralement la préférence. Dans son Mémoire, M. Nordling avait calculé qu'à 24 mètres de hauteur pour les viaducs à simple voie et à 28 mètres pour ceux à deux voies, le système métallique devenait plus économique. On a interprété cela comme si dans sa pensée une hauteur maxima de 28 mètres devait entraîner l'emploi du métal, tandis que cela voulait dire au contraire que dans les grands viaducs, il fallait restreindre la longueur des tabliers et étendre d'autant les culées en maçonnerie. C'est ainsi que dans les nouveaux viaducs la hauteur des culées atteint 33 mètres, tandis qu'à Busseau elle était à peine de 18 mètres.

M. Nordling comprend qu'on soit partisan des viaducs en maçonnerie seule, mais il considère comme une transaction malheureuse les tabliers métalliques soutenus par des piles en maçonnerie de grande hauteur. On n'aperçoit, en effet, que deux motifs de préférence possibles pour la maçonnerie : l'économie ou la solidité.

Pour ce qui est de l'économie, M. Morandière, dans son cours à l'École des ponts et chaussées, fait ce rapprochement : que les piles métalliques de Fribourg ont coûté 3260 fr. par mètre courant de hauteur, tandis que leur soubassement en maçonnerie n'a coûté que 3158 fr. le mètre, et il ajoute que la tour du phare des Baleines, dans l'île de Ré, n'est revenue qu'à 2820 fr. le mètre de hauteur. M. Nordling ignore si ce phare serait en état de supporter un tablier battu par le vent, et fait remarquer qu'en tout cas le prix du phare est bien loin de ceux de 1200 et 1600 fr. que doivent coûter ses nouvelles piles métalliques.

Il ne reste donc que la question de solidité et de durée. Sous ce dernier rapport, il est manifeste que les constructions métalliques ne se conserveront qu'à la condition d'un entretien soigneux de leur peinture. Il paraît que l'an dernier on a repe

peinture; M. Nordling s'est laissé dire qu'on en aurait enlevé trente tonnes! Il faut croire qu'il y avait plus de rouille que de couleur, et qu'on aurait dû renouveler celle-ci plus tôt. Il semble permis de conclure de cette expérience, qu'il y a intérêt à réduire les surfaces, et que sous ce rapport l'emploi des fers spéciaux est préférable à la tôle.

C'est pour faciliter l'entretien et la surveillance que M. Nordling a, le premier, introduit des passerelles et échelles fixes dans toutes les parties de ses constructions, et s'il était chargé de leur entretien il déléguerait un homme spécial qui, tous les six mois par exemple, aurait à faire une tournée générale et à visiter chaque ouvrage dans ses moindres détails. Une inspection périodique de cette nature paraîtrait plus efficace que la surveillance journalière exercée par le personnel ordinaire du service de l'entretien qui n'a pas toujours les lumières nécessaires, et qui penche trop souvent à ne s'occuper que de la voie proprement dite.

Mais indépendamment de la peinture, il y a la question des rivets et des boulons, le remplacement des pièces qui viendraient à se casser ou à se détériorer. Sous ce dernier rapport, M. Nordling trouve que les piles métalliques sont dans une situation infiniment plus favorable que les travées du tablier. Par les temps calmes, en effet, les piles ne subissent que des pressions et échappent à toute flexion transversale; elles participent à peine aux trépidations, tandis que les poutres sont soumises à des flexions à chaque passage de train. Dans les piles, la plupart des pièces pourraient être remplacées en cours d'exploitation; qui oserait en faire autant pour les brides des poutres, leur treillis, etc.? Et comment faire disparaître les flèches permanentes des travées? M. Nordling espère que la pratique conduira peu à peu les constructeurs de ponts métalliques à produire des tours de force dignes de leurs précurseurs les charpentiers; mais il trouve que tout ingénieur qui accepte les risques et périls d'un tablier métallique peut *à fortiori* accepter les piles métalliques.

M. Nordling croit donc que le système mixte ne se soutiendra pas pour les grandes hauteurs, et qu'il faut choisir entre les viaducs voûtés et les viaducs entièrement métalliques. Chacun des deux systèmes aura son domaine, mais où sera leur limite? On comprend qu'il ne puisse pas y avoir de solution générale et absolue. Pour les faibles hauteurs, de 20 à 30 mètres, la maçonnerie a presque toujours l'avantage de l'économie, mais quand la direction des cours d'eau devient très-oblique ou que de grandes ouvertures sont nécessaires, soit en raison des fondations, soit autrement, la maçonnerie devient déjà impraticable. A la Sioule, on a à peine réussi à trouver la place pour une seule et unique pile métallique, et encore faut-il rendre au torrent, en faisant sauter un cap de rocher, la place prise par cette pile; M. Nordling ne craint pas d'affirmer qu'un viaduc en maçonnerie était impraticable dans cet emplacement. Mais ce qui, dans beaucoup de cas, rend impossible l'emploi des viaducs métalliques, ou ce qui en renchérirait singulièrement le prix vrai, ce sont les courbes du tracé, la nécessité de créer sur l'une des rives une plate-forme de montage, enfin les difficultés d'accès. On n'a encore fait que peu de tabliers courbes et on n'en a pas lancé; mais s'imposer un alignement ce peut être un rude sacrifice, et renoncer au lançage en est un second, surtout dans les pays déboisés où un échafaud en charpente serait fort dispendieux. La sujétion d'avoir une plate-forme, et une plate-forme accessible, est aussi parfois un obstacle insurmontable; c'est, entre autres, le cas d'un viaduc emprisonné entre deux tunnels. Enfin la question des accès a parfois aussi des conséquences fort graves et inattendues. Ainsi, pour arriver à la Bouble, il a fallu

d'abord poser la voie depuis Commentry jusqu'au viaduc, et les matériaux destinés au Bellon devront passer sur le viaduc achevé de la Bouble. Mais les voûtes de la culée de ce dernier ne pourront être terminées à leur tour que quand le tablier sera préalablement lancé. On voit ainsi que si la Compagnie n'avait pas encore deux années devant elle, il faudrait renoncer à faire le Bellon en métal, malgré la rapidité du travail des usines et malgré tous les avantages économiques.

Ce sont des considérations locales de ces divers ordres qui, au contraire de la ligne de Commentry à Gannat, ont conduit, sur la section de Murat à Aurillac, à faire quatorze viaducs en maçonnerie et une seule et unique travée métallique.

M. Tardieu demande si l'on s'est suffisamment préoccupé de l'influence de la dilatation des piles sur le tablier.

Les formules que l'on emploie pour le calcul des ponts à plusieurs travées supposent (ce qui est vrai dans la plupart des cas) que tous les appuis sont de niveau. Mais, pour les ponts à piles métalliques, cela n'est vrai que pour une température donnée. Quand la température change, les piles s'allongent ou se raccourcissent, et les appuis cessent d'être au même niveau, puisque les culées ne suivent pas les mouvements des piles métalliques. Pour une pile métallique de 50 mètres de hauteur, les déplacements verticaux du sommet de la pile dans les plus grands écarts de température ne seront pas beaucoup inférieurs à 50 millimètres. Dans ces conditions, il convient de faire subir aux formules une légère modification, en tenant compte de la dénivellation possible.

M. Tardieu regrette de n'avoir pas eu le temps de traiter cette question d'une manière générale; il a pu seulement faire une application numérique à un pont de deux travées, ayant chacune 50 mètres, avec une pile de 50 mètres de hauteur; il a supposé que le poids par mètre courant était de 5,000 kilogrammes et la surcharge de 3,000 kilogrammes; que la hauteur des poutres était de 5 mètres, et que l'écart maximum de température au-dessus ou au-dessous d'une température moyenne pour laquelle les trois appuis seraient de niveau était de 30°. Dans ces conditions, des poutres soumises à un effort maximum de 6 kilogrammes par millimètre carré, quand les appuis sont de niveau, seraient soumises à un effort de $7^{k}.50$, dans le cas des plus grands écarts de température.

Ce qui revient à dire que, si l'on veut tenir compte, dans la détermination des dimensions des poutres, des efforts de dilatation dont il vient d'être question, et si on limite à 6 kilogrammes l'effort maximum à faire porter au métal, ce coefficient se trouvera, par le fait, réduit à environ 5 kilogrammes dans les conditions ordinaires des trois appuis de niveau.

M. Nordling fait observer que, dans ses projets, la hauteur des piles décroît vers les rives.

M. Tardieu répond qu'à Fribourg il n'en est pas ainsi, mais qu'il doit reconnaître que le cas de deux travées est évidemment un des cas les plus défavorables. Plus il y aura de travées, moins les effets de dilatation des piles seront sensibles, surtout s'il est possible de faire les piles métalliques, voisines des culées, plus courtes que les piles centrales et de faire croître régulièrement la hauteur des piles métalliques depuis les culées jusqu'au milieu du pont.

M. Tresca ne pense pas qu'il faille attribuer à l'effet de dilatation des piles autant d'importance que M. Tardieu le croit. Cette dilatation est faible; elle n'est que de 1 millimètre pour 100°; en admettant que l'écart maximum des températures soit de

50°, la différence entre la plus petite et la plus grande hauteur d'une pile de 50^m, serait seulement de 2 centimètres et demi.

M. DE DION fait remarquer que les surcharges, pour lesquelles les ponts sont calculés, dépassent notablement celles qui se présentent ordinairement dans la pratique ; que si on ajoute à la condition du maximum de surcharge, celle d'une dilatation exceptionnelle qui allonge la pile métallique, on aura considéré un cas qui se présentera bien rarement.

D'ailleurs, le coefficient de 7^k5 par millimètre carré, est parfaitement admissible, surtout s'il ne s'applique qu'accidentellement.

Sur la demande de M. le Président, M. de Dion indique quelques observations relatives à l'élasticité des pierres et des maçonneries. Il pense que les coefficients d'élasticité de ces matériaux sont faibles et ne s'éloignent pas beaucoup de ceux des bois. Des expériences pour les déterminer seraient fort utiles. Il croit que des piles en maçonnerie d'une grande hauteur, éprouveraient des oscillations dangereuses. La forme, qu'il paraîtrait préférable de leur donner, serait celle d'un cylindre creux analogue aux cheminées d'usine ; mais si pour une cheminée, qui n'est en définitive qu'un simple tuyau, il faut déjà des fondations considérables, pour une pile il faudra alors des épaisseurs de maçonneries énormes. Le prix de revient sera donc, dans ce cas, bien supérieur à celui d'une pile en métal.

M. LE PRÉSIDENT exprime le regret que dans la nombreuse réunion d'ingénieurs qui assiste et participe à cette intéressante discussion, il y en ait si peu qui prennent la défense de l'emploi de la pierre dans les piles des viaducs de grande hauteur. Il partage personnellement l'opinion de M. Nordling, non pas complétement dans l'emploi mixte de la fonte et du fer, mais dans celui du fer de préférence à la maçonnerie. Cependant il y a des limites, et les motifs qui doivent décider le choix entre les divers systèmes sont tellement multiples qu'il n'est pas encore possible de poser de règle générale. C'est déjà pour l'ingénieur une grande ressource que d'avoir à choisir. Mais ne pas tenir compte des progrès considérables qu'a fait l'emploi de la pierre dans ces dernières années, serait se refuser à l'évidence. La pierre résiste à l'écrasement depuis 30 jusqu'à 200 kilogrammes par centimètre carré, et elle n'est employée que de 3 à 20 kilogrammes. La dimension des pierres et la nature du mortier peuvent modifier les conditions d'emploi entre des limites beaucoup moins distantes. La facilité et l'économie des transports qui permet tout le choix des pierres les plus résistantes et les moins altérables, et l'emploi en blocs énormes sont des circonstances nouvelles. La résistance à 18 kilogrammes donne déjà une grande élégance aux colonnes et piliers en pierre et cela introduit dans la construction des édifices une source d'effets nouveaux. Les hardiesses de l'architecture antique peuvent être dépassées par l'artiste le plus prudent mais le mieux renseigné sur le mérite de la pierre.

Le mortier avait été jusqu'à ce jour la partie la plus altérable de la maçonnerie ; son élasticité est à peu près nulle, sa dilatation différente de celle de la pierre ; il se comporte différemment d'elle et donne toujours, le premier, des signes de fatigue. Le ciment l'a remplacé récemment avec une supériorité incontestable. Le pont Napoléon à Bercy, les égouts de Paris, les voûtes en briques sur fonte et fer dans les ouvrages d'art des chemins de fer, les magnifiques réservoirs de Ménilmontant, et aujourd'hui la plupart des soubassements des maisons en sont des applications pleines d'intérêt et qui se généralisent rapidement. La construction des phares gagnera beaucoup à l'emploi du ciment, les tours et les flèches des édifices religieux y trouveront une

homogénéité de résistance d'autant plus précieuse que leurs oscillations, sous l'influence des vents violents, sont une cause incessante d'altération.

M. Nordling fait observer que les pressions de 18 kilogrammes par centimètre carré de maçonnerie, dont on a parlé, ne s'appliquent sans doute qu'à la pierre de taille ; que, pour la maçonnerie ordinaire de moellons, à sa connaissance, on n'a guère dépassé 8 kilogrammes ; la pression est de six kilogrammes seulement au viaduc de Morlaix.

Pour ce qui est de l'élasticité de la maçonnerie, M. Nordling cite le réservoir de Grosbois au canal de Bourgogne, dont le mur a 20 mètres de hauteur sur 15 mètres d'épaisseur. Quand on a voulu remplir le réservoir, ce mur, assis sur un terrain compressible, a pris en plan la forme d'un arc. On le consolida par un certain nombre de puissants contre-forts, et quand on procéda à un nouveau remplissage, le mur prit autant de flèches qu'il y avait d'intervalles entre les contre-forts. Au milieu des arcs et au droit des contreforts, il y avait des fissures presque invisibles, qui se refermaient quand on vidait le réservoir.

C'est évidemment par la crainte d'effets semblables, de flexions latérales dans les piles trop élancées, que les constructeurs ont superposé les étages qu'on voit à la plupart des grands viaducs, en Saxe, à Chaumont, à la Gartempe, à Morlaix, etc. C'est M. Morandière, directeur du réseau ouest de la Compagnie d'Orléans, qui, le premier, a abordé avec un seul étage des hauteurs de 50 mètres. Son succès est complet ; mais, de 40 mètres (hauteur des piles jusqu'aux naissances) à 60 mètres, il y a encore loin. On y réussirait peut-être, mais à condition d'augmenter les fruits, et les fruits sont loin de contribuer à la conservation des parements. En général, on paraît se faire des illusions sur l'inaltérabilité des pierres, surtout de celles employées aux ouvrages d'art où elles sont exposées, dans nos climats, aux alternatives de l'humidité et de la gelée.

M. Nordling n'a pas eu la bonne fortune de rencontrer partout, sur ses chantiers, des pierres qui promettent la durée éternelle que rêvent beaucoup d'ingénieurs. Il a revu, l'an dernier, le pont-canal du Morin, près de Meaux, dont en qualité de conducteur il avait surveillé l'exécution en 1845 avec un soin exceptionnel qui a contribué au succès de sa carrière ; il a trouvé ses parements dans un état peu satisfaisant. La « *molasse,* » employée du côté de Fribourg, ne porte pas son nom en vain. Le grès houiller employé dans l'Allier, le grès bigarré et le grès vosgien de la Moselle et de la Meurthe s'altèrent ! Le granit de la Creuse, du moins celui qu'on peut tailler, se couvre volontiers de moisissure et de lichens verts, et finit par se transformer en « gore », qui n'est pas même bonne comme ballast. La brique du plateau central ne vaut rien. Le trachyte, forcément employé dans le Cantal, est gelé dans les ouvrages de la route et en fera probablement autant dans les viaducs du chemin de fer. Et les églises du moyen âge se sont-elles conservées toutes seules ? Les monuments romains même ne le sont pas dans les climats septentrionaux !

Le remède contre la dépérition des maçonneries ce sont des crépissages en ciment et des rejointoiements, qui correspondent à la peinture des constructions métalliques, mais qui ne seraient qu'un faible palliatif contre les lézardes provoquées par les trépidations.

Il faut donc se résigner à admettre que les viaducs en maçonnerie, comme ceux en métal, exigeront de l'entretien. En admettant qu'il soit plus onéreux pour ces derniers, il ne faut pas oublier que si en construisant un viaduc métallique d'un million on économise un second million, on peut sans faire une opération ruineuse, dépenser

peut, par l'effet des intérêts composés, reconstruire le viaduc de fond en comble tous les quinze ans ! Y a-t-il quelqu'un qui redoute sérieusement une pareille éventualité?

M. Mayer demande à M. Nordling quels sont les motifs qui l'ont conduit à établir ses piles, partie en fonte et partie en fer, et s'il ne lui aurait pas paru préférable de faire une construction homogène composée d'un seul de ces éléments, comme il l'a fait pour les poutres.

M. Nordling reconnaît qu'il y a du pour et du contre en ce qui concerne l'emploi simultané de la fonte et du fer dans les piles. Les avantages de la fonte sont : la plus grande masse, à égalité de dépense ; la facilité de proportionner la résistance au travail par une simple variation de l'épaisseur, et surtout la facilité d'enter les tronçons de colonne les uns sur les autres au moyen de brides tournées au tour, offrant de larges et bonnes surfaces de contact, si essentielles pour la transmission des charges. Les objections sont : l'élasticité à peu près double de la fonte par rapport au fer, élasticité qui augmente les oscillations des piles ; l'inconvénient de faire travailler à l'extension la fonte et les boulons des brides pendant les coups de vent, enfin et surtout la difficulté des assemblages entre la fonte et le fer.

A Busseau d'Ahun et à la Cère, les entretoises en fer sont fixées aux arbalétriers en fonte au moyen de boulons dont le nombre est limité et dont les têtes sont logées dans le creux des arbalétriers et par conséquent inaccessibles. Dans les nouveaux viaducs, la maison Cail rivera les entretoises et croix de Saint-André sur des goussets rivés à leur tour sur des nervures venues de fonte. M. Eiffel, de son côté, se propose d'insérer ces goussets dans des renflements des arbalétriers au moment même de leur coulée. Des fondeurs de grande réputation ont accepté la responsabilité de cette opération, dont les premiers essais ont bien réussi, mais que la Compagnie d'Orléans a, jusqu'à plus ample expérience, frappée d'une réserve.

M. Nordling indique la disposition d'arbalétriers entièrement en fer adoptée en Angleterre par M. Hughes pour des piles analogues. Ces arbalétriers, de section hexagonale, sont composés de six fers à U, rivés par leurs bords, mais dont l'assemblage aux extrémités laisse encore à désirer.

M. Nordling termine en disant qu'il considère la question comme ouverte, qu'il l'a posée ainsi dans son Mémoire et dans le programme du concours ouvert à propos de la ligne de Gannat, mais qu'aucun des constructeurs appelés n'a proposé des arbalétriers en fer et que c'est à eux pourtant que paraît revenir l'initiative dans cette question.

M. Mayer fait remarquer que les piles ne sont pas seulement soumises à des efforts verticaux de compression. Il a été très-bien expliqué par M. Nordling qu'elles sont établies en vue de résister aussi à des forces horizontales considérables. Elles travaillent donc dans ce cas à la manière d'une poutre, et c'est là peut-être une raison de plus qui milite en faveur de l'homogénéité de la construction.

MM. Agnès, Delaunay, Fouju, Guelle, Guerbigny, Geruzet, Henderson, Jacques, Landsée, Moll, Siemens et Vallance ont été reçus membres sociétaires, et M. Ernest Garnier membre associé.

Séance du 6 Décembre 1867.

Présidence de M. Love, *Vice-Président.*

Le procès-verbal de la séance du 15 novembre est adopté.

M. le Président donne la parole à M. Urbain qui désire présenter quelques observations au sujet de la communication de M. Frot sur la machine à ammoniaque.

Les tentatives faites pour remplacer, dans les machines motrices, la vapeur d'eau par le gaz ammoniac sont moins récentes que ne le suppose M. Frot. Car M. Thomas, dans son cours à l'École centrale, parle d'un moteur à ammoniaque, construit et essayé en France, il y a trente ans environ, et qui, comme celui de M. Frot, avait une chaudière ordinaire, contenant, au lieu d'eau, une dissolution ammoniacale. M. Urbain ne croit pas qu'il ait été fait des expériences, du moins officielles pour déterminer la consommation de ce moteur ; mais les fuites de gaz ammoniac, auxquelles on ne put obvier, firent abandonner ces essais et considérer pendant longtemps le problème comme insoluble. Grâce aux progrès qu'a réalisés la construction des machines, M. Frot a pu faire établir et faire fonctionner à l'Exposition un moteur à ammoniaque dont aucune odeur ne venait révéler la présence. Toutefois, M. Urbain ne pense pas que l'emploi d'une chaudière ordinaire, chauffée à feu nu, comme générateur de gaz ammoniac, présente des garanties suffisantes pour n'avoir jamais à redouter aucune fuite.

Dans sa communication, M. Frot a indiqué, pour la chaleur latente de l'ammoniaque, 100 à 120 calories, environ le cinquième de celle de l'eau. M. Urbain dit qu'il n'a pas compris comment ce résultat avait été obtenu. L'expérience calorimétrique décrite par M. Frot donne simplement la quantité de chaleur qui résulte de la combinaison de l'eau et du gaz ammoniac. Cette détermination a été faite par MM. Fabre et Silbermann, qui ont trouvé pour cette quantité 500 calories dans les conditions spéciales qu'ils indiquent dans leur mémoire (*Annales de chimie*, 1853).

M. Urbain indique, plus loin, les raisons probables de la différence qui existe entre les résultats de M. Frot et ceux de MM. Fabre et Silbermann, mais il demande comment, de la chaleur de combinaison du gaz avec l'eau, M. Frot a déduit la chaleur latente d'une dissolution ammoniacale, c'est-à-dire la quantité de chaleur qu'il est nécessaire de fournir à cette dissolution pour qu'elle laisse dégager un kilogramme de gaz ammoniac.

M. Urbain a fait de nombreuses expériences pour déterminer cette dernière quantité : comme elles l'ont conduit à un résultat différent de celui donné par M. Frot, il croit devoir dire quelques mots des procédés qu'il a employés pour cette recherche ; mais auparavant, il fait remarquer que l'ammoniaque n'est pas un liquide comparable à l'eau, qui, depuis le commencement jusqu'à la fin de sa distillation, donne toujours un produit complétement identique, et qui, pour la volatilisation d'une même quantité de liquide, exige constamment la même quantité de chaleur. C'est de l'eau combinée à un gaz dont elle laisse échapper facilement les premières portions, mais

dont elle retient les dernières avec énergie. La chaleur qu'il faut développer pour produire la décomposition de l'ammoniaque sera par suite variable suivant le degré de saturation du liquide, et si l'on veut opérer la distillation complète d'une dissolution saturée, la quantité de chaleur nécessaire pour la production d'un même volume de gaz ammoniac croîtra constamment à mesure que la proportion du gaz contenu dans le liquide diminuera. Ainsi, la chaleur latente que, pour une dissolution saturée, M. Urbain a trouvée égale à 250 calories environ, atteindra bientôt 500 calories, c'est-à-dire à peu près la chaleur latente de l'eau, dès que la dissolution aura perdu la moitié du gaz qu'elle renfermait. Réciproquement, la quantité de chaleur produite par la combinaison du gaz ammoniac et de l'eau est très-différente suivant que le gaz arrive dans de l'eau pure ou dans une dissolution à demi saturée, par exemple. De là, sans doute, les nombres différents donnés par M. Frot et par MM. Fabre et Silbermann comme représentant cette production de chaleur.

On ne peut donc pas trouver pour l'ammoniaque comme pour les autres liquides un nombre qui exprime d'une manière absolue sa chaleur latente. Ce nombre sera variable suivant le degré de concentration de la dissolution employée. Dans les expériences dont parle M. Urbain, il s'est servi de la dissolution à peu près saturée du commerce, et il a fait en sorte de n'extraire, par la distillation, que la moitié du gaz qu'elle renferme.

Il fait remarquer, en outre, que la méthode générale pour la détermination de la chaleur latente d'un liquide ne peut servir pour l'ammoniaque, et, en effet, cette méthode consiste à soumettre le liquide à la distillation et à mesurer la chaleur dégagée par la condensation d'un poids connu de sa vapeur, cette quantité de chaleur étant égale à celle qu'a nécessitée la formation de cette vapeur. Or, dans le cas de la distillation de l'ammoniaque, c'est un gaz qui se dégage mélangé à une certaine proportion de vapeur d'eau ; on ne peut donc pas appliquer la méthode ordinaire à la dissolution ammoniacale.

Les procédés auxquels M. Urbain a eu recours pour cette détermination sont les suivants :

Première méthode. — Il a effectué la distillation de l'ammoniaque en la chauffant au moyen d'un courant de vapeur d'eau. Cette vapeur traversait un petit serpentin plongé dans le liquide, et son introduction était réglée de façon qu'elle s'y condensât complétement. Lorsque l'ammoniaque avait atteint 60 degrés, température de son ébullition, il recueillait d'une part le gaz ammoniac provenant de la distillation ; d'autre part, l'eau résultant de la condensation de la vapeur qui avait traversé le serpentin, et, de plus, il notait toutes les dix minutes la température de la dissolution ammoniacale. Lorsque cette dissolution avait perdu environ la moitié du gaz qu'elle renfermait primitivement, il arrêtait l'opération. Le poids de vapeur d'eau condensée lui permettait de calculer la quantité de chaleur qui avait été nécessaire pour opérer la volatilisation du poids du gaz ammoniac recueilli, ainsi que pour compenser les pertes de chaleur par rayonnement de la dissolution pendant la durée de l'expérience. Afin de déterminer cette dernière inconnue, il répétait la même opération en remplaçant l'ammoniaque par un égal poids d'eau, et en envoyant dans le serpentin une quantité de vapeur suffisante pour que, à partir de la température de 60 degrés, le thermomètre, plongé dans cette eau, lui donnât toutes les dix minutes les mêmes indications qu'aux instants correspondants de la première expérience, et cela pendant le même temps qu'avait duré celle-ci.

Deuxième méthode. — Dans un vase contenant deux litres d'eau à 100 degrés, M. Urbain introduisait un petit ballon contenant un poids connu d'ammoniaque. Il notait au bout d'un certain temps l'abaissement de la température de l'eau, puis le poids de gaz ammoniac distillé. La quantité de chaleur perdue par l'eau pendant ce temps avait servi à la distillation de ce gaz, sauf la chaleur enlevée par rayonnement. Pour déterminer la perte par rayonnement, il répétait l'opération en mettant dans le ballon, au lieu d'ammoniaque, le même poids d'eau et il prenait la température du bain au bout du même temps.

Troisième méthode. — M. Urbain a distillé successivement de l'ammoniaque et de l'alcool absolu au bain-marie et dans la même cornue renfermant le même poids de liquide. Les deux opérations avaient duré exactement le même temps, pendant lequel il a noté toutes les dix minutes les températures de la cornue, et, ensuite, il a pesé le produit de la distillation. Les chaleurs latentes de l'ammoniaque et de l'alcool devaient être évidemment en raison directe des différences de température de la cornue et du bain dans les deux expériences et en raison inverse des quantités de liquide distillées. Or la chaleur latente de l'alcool absolu est connue, elle est de 208 calories.

Par ces trois méthodes, M. Urbain a obtenu des nombres variant de 300 à 350 calories pour la chaleur latente de l'ammoniaque du commerce, lorsque, par la distillation, on ne la prive que de la moitié du gaz qu'elle renferme.

M. Urbain a cru devoir insister sur la détermination de cette chaleur latente, car il n'est pas, dit-il, sans importance d'avoir des données exactes sur les propriétés physiques d'un liquide dont on propose l'emploi dans les machines motrices, et il résume ainsi ses observations en ce qui touche le moteur à ammoniaque de M. Frot :

1° Il croit que sa chaudière, qui est une chaudière ordinaire chauffée à feu nu, ne présente pas de garanties suffisantes contre les fuites, surtout en employant une dissolution ammoniacale saturée.

2° La dissolution que M. Frot emploie est loin d'être saturée ; la chaleur latente d'un tel liquide, d'après les considérations qui viennent d'être exposées, sera par suite assez élevée, assez voisine de celle de l'eau. Or si l'emploi dans une chaudière d'un liquide possédant une chaleur latente faible a pour conséquence une consommation moindre de combustible, il lui semble qu'on doit faire en sorte de profiter le plus possible de cet avantage.

M. Urbain décrit ensuite un moteur à gaz ammoniac proposé par lui il y a deux ans environ, et dans lequel il a cherché à éviter les inconvénients précédemment indiqués.

Dans ce moteur, la dissolution ammoniacale employée pour l'alimentation est saturée ; le condenseur se trouve alimenté, non pas avec de l'eau, mais avec une dissolution à demi saturée.

En outre, afin que la pression du gaz dans la machine ne puisse pas dépasser une limite fixée à l'avance, la dissolution ammoniacale est décomposée non plus en masse dans une chaudière, mais successivement par portions, pouvant fournir la quantité de gaz nécessaire pour un coup de piston, par exemple, ces fractions de la solution étant prises d'autant plus petites que l'on veut marcher avec une pression plus faible. A cet effet, dans une chaudière contenant de l'eau que l'on maintiendra à 110 degrés environ, se trouve un serpentin en fer, dans lequel une pompe, mue par la machine

et analogue tout à fait aux pompes alimentaires ordinaires, envoie la quantité de dissolution ammoniacale pouvant dégager à cette température le volume de gaz nécessaire pour un coup de piston. Le gaz ammoniac résultant de cette décomposition se rend ensuite dans le cylindre, puis, après avoir agi sur le piston, dans un condenseur, où il se redissout dans un volume de dissolution à moitié saturée égal à celui de la solution saturée qui lui a donné naissance, et de là retourne dans le réservoir à ammoniaque. Quant au liquide qui a passé dans le serpentin et qui par suite est privé de la moitié environ du gaz qu'il contenait, il se rend dans le réservoir de dissolution pauvre qui alimente le condenseur, après avoir échangé sa chaleur avec l'ammoniaque riche qui se rend de la pompe alimentaire dans le serpentin.

Au moyen de ces dispositions, la pression du gaz, limitée d'ailleurs à la volonté du constructeur, ne s'exerce que dans le serpentin, la pompe et le cylindre, ainsi que dans les tuyaux qui unissent ces organes; il en résulte qu'il est facile de maintenir la machine parfaitement étanche, car on évite ainsi l'emploi des indicateurs de niveau, des soupapes de sûreté, etc., qui sont principalement le siége des fuites. De plus, en employant dans ce genre de moteur comme pompes alimentaires, des pompes à course variable, et en réglant la course convenablement, on pourra, avec la même machine, obtenir une force variable suivant les besoins, et, d'un autre côté, en mettant ces pompes en relation avec un modérateur qui en réglera la course, on pourra obtenir une vitesse constante de la machine, quelles que soient les variations que subiront les résistances qu'elle aura à vaincre.

M. Urbain fait remarquer, en terminant, que le système de chaudière qu'il vient de décrire est complétement inexplosible, puisque la pression ne peut y dépasser celle que l'on s'est fixée à l'avance, et qu'ensuite le serpentin qui tient lieu de chaudière ne peut jamais s'altérer, n'étant jamais en contact, ni avec l'air, ni avec le feu.

M. Frot fait observer que dans ses recherches sur la chaleur latente de dissolution du gaz ammoniac, M. Urbain n'a pas isolé la vapeur d'eau entraînée avec le gaz, ce qui explique la différence qui existe entre les résultats des deux expérimentateurs. Il faut remarquer que les expériences caloriques de M. Frot n'ont porté que sur la chaleur latente de dissolution du gaz dans l'eau.

En ce qui concerne la pression, M. Frot dit qu'il n'est pas plus difficile de la maintenir régulière avec l'ammoniaque qu'avec la vapeur d'eau. Si la quantité de chaleur à lui donner est plus faible, il suffit de réduire la consommation de combustible et toute la question consiste à avoir une chaudière et une machine bien équilibrées.

M. Tresca fait remarquer qu'en ce qui concerne la question de priorité, il n'y a pas grand intérêt à la discuter, la machine à ammoniaque étant contemporaine de la machine à vapeur.

Il n'est pas démontré que le liquide qui, pour se vaporiser, aura besoin de la moindre quantité de chaleur, sera le plus économique lorsqu'on voudra l'employer à développer du travail moteur. On avait dû penser ainsi lorsqu'on considérait l'action de la vapeur indépendamment des conditions de la température à l'échappement, mais la théorie de l'équivalent mécanique de la chaleur a montré qu'il fallait considérer les choses autrement et faire le compte de toutes les quantités de chaleur dépensées et de la seule partie qui en est réellement utilisée.

Quant à l'observation relative à l'influence de la saturation, il suffira de faire remarquer que lorsque l'on veut se rendre compte de la marche d'une machine il faut la prendre à l'état de régime; dans ces conditions, il n'y aurait pas à s'inquiéter si le

liquide employé dans la machine à ammoniaque est plus ou moins saturé ; au bout d'un certain temps, il aurait acquis des propriétés constantes.

Quant aux avantages résultant de l'emploi de l'ammoniaque, il n'est pas possible de dire tout d'abord comment une chaudière construite pour fonctionner à l'ammoniaque marchera avec de la vapeur d'eau ; c'est sur les détails de construction que la chaleur latente doit exercer une réelle influence, l'étendue des surfaces de chauffe devant être en raison inverse des quantités de chaleur qui doivent les traverser.

M. Frot a dit que le foyer était disposé pour brûler 100 kilogrammes de charbon par heure, et non 25 kilogrammes, comme on l'a fait dans l'expérience à ammoniaque : il y a là certainement l'indice qu'il y aurait une amélioration à apporter.

M. Tresca confirme les nombres cités par M. Frot. Les expériences, qui ont été faites avec soin, ont montré que la même machine a pu fonctionner alternativement à la vapeur d'eau et à l'ammoniaque : dans le premier cas elle a consommé $4^{k},82$ de combustible par force de cheval et par heure, dans le second, avec l'ammoniaque, elle n'a consommé que $2^{k},24$; la puissance produite étant, dans les deux expériences, d'environ douze chevaux.

Cependant il ne faudrait pas conclure de là qu'on doive renoncer à la vapeur d'eau et que l'emploi de l'ammoniaque serait toujours plus favorable.

Au point de vue de la comparaison faite, il faudrait avant tout examiner si la machine était mieux constituée pour l'emploi de l'ammoniaque que pour celui de la vapeur d'eau.

M. Tresca dit que la surface de la grille avait $0^{m},575$, sur laquelle on brûlait normalement, quand on marchait à la vapeur d'eau, 54 kilogrammes de charbon, ce qui correspond à $103^{k},30$ par mètre carré : la grille ne fonctionnait pas dans de bonnes conditions, puisqu'il a été reconnu qu'il ne fallait brûler normalement sur une grille que 75 kilogrammes de charbon.

D'un autre côté la surface de chauffe directe était de $3^{mq},24$, celle des tubes de $16^{mq},20$, en tout $19^{mq},44$. Le charbon brûlé par heure et par mètre carré de surface de chauffe s'élève donc à $3^{k},05$ qui doivent correspondre à une vaporisation de 24 kilogrammes d'eau par mètre carré, ce qui est une exagération.

La surface de grille et la surface de chauffe étaient insuffisantes, de plus le condenseur n'était pas peut-être aussi approprié qu'il aurait pu l'être pour l'emploi de la vapeur d'eau. Il faudrait de nouvelles expériences, propres à déterminer les consommations spécifiques, pour la vapeur d'eau et pour l'ammoniaque, dans les conditions les plus favorables pour chacun des deux véhicules de chaleur. Il serait également nécessaire de savoir ce que devient la chaleur dépensée, dans la machine à ammoniaque. On sait qu'avec une machine à vapeur on perd l'utilisation d'environ 90 p. 100 de la chaleur produite ; soit par l'échappement des gaz brûlés dans la cheminée, par refroidissement, par la force vive de la vapeur d'échappement, soit par la chaleur abandonnée dans le condenseur.

Avec la machine à ammoniaque, il doit se produire des pertes de même espèce. Il faudrait faire voir, d'une manière générale, que la quantité de chaleur perdue est proportionnellement moindre que celle perdue dans la machine à vapeur.

M. Frot, inventeur et expérimentateur consciencieux, est plus que tout autre en mesure de faire les expériences complémentaires dont M. Tresca voudrait constater les résultats avant de pouvoir formuler une opinion décisive sur la machine à ammoniaque.

M. Frot fait en ce moment l'étude d'une machine sur laquelle il se propose de faire des expériences et il espère que M. Tresca voudra bien lui prêter son concours pour ces recherches toutes scientifiques, dont il reconnaît la nécessité : néanmoins il ne croit pas que les faits résultant des essais précédents puissent être mis de côté.

L'administration de la marine a fait faire dans ses arsenaux des expériences qui ont confirmé celles faites par M. Frot.

D'ailleurs il n'est pas démontré que la machine à ammoniaque, qui a été examinée par M. Tresca, se soit trouvée dans de meilleures conditions lorsqu'elle marchait à l'ammoniaque que lorsqu'elle marchait à la vapeur.

M. Frot fait remarquer que pour l'ammoniaque la grille n'était pas couverte de combustible en tous ses points, la surface de chauffe était trop grande pour la quantité de chaleur nécessaire pour la vaporation du liquide ammoniacal, par suite, il passait un excès d'air à travers la grille, et les gaz se répartissaient mal dans les tubes. Si donc il y avait quelque incertitude, par suite de l'emploi d'une même machine pour les essais, c'était surtout au détriment de l'ammoniaque.

M. Frot, répondant à une interrogation de M. le Président, dit qu'avec l'ammoniaque l'explosion des chaudières n'est pas plus à craindre qu'avec la vapeur d'eau si l'on a le soin de proportionner les surfaces des grilles et les surfaces de chauffe à la force à produire. Toutefois, dans ses essais, M. Frot n'a pas cru devoir jamais dépasser six atmosphères, parce qu'il s'est assuré que jusqu'à cette pression la dissolution ammoniacale n'a pas d'action destructive sur le fer ; mais il est probable qu'à une pression plus élevée, il en est de même.

M. Frot, revenant sur la question de consommation de charbon par mètre carré de surface de grille, cite l'ouvrage de M. Flachat, dans lequel il trouve une consommation de 90 kilogrammes par mètre carré pour les chaudières marines et donne ensuite la moyenne des consommations obtenues par trois vaisseaux de guerre : le *Napoléon*, la *Normandie* et le *Solferino* ; elle s'est élevée en moyenne à 126 kil. par mètre carré de surface de grille pendant les essais.

Il ne croit donc pas que le chiffre de 103 kilogrammes, résultant des expériences faites par M. Tresca sur la machine à ammoniaque, soit exagéré.

Le chiffre de 102 à 103 kilogrammes est celui que des ingénieurs anglais, MM. A. Londgridge, W. G. Armstrong, Th. Richardson ont adopté dans une série d'expériences faites sur les fumivores.

M. Frot ajoute que si 90 kil. est le chiffre normal, on serait dans de meilleures conditions en consommant 103 kilogrammes qu'en n'en brûlant que 25.

Il croit donc que la machine fonctionnant avec l'ammoniaque était dans des conditions plus défavorables que lorsqu'elle fonctionnait avec l'eau seule.

M. Frot cite les paroles de M. Tresca, lorsqu'il a dit « que cette machine pourrait être, dans les conditions des expériences faites, une bonne machine à ammoniaque et une mauvaise machine à vapeur. » Il croit que M. Claparède doit être considéré comme un bon constructeur de machines locomobiles.

M. Tresca ne veut pas juger la machine de M. Claparède, et critique seulement les conclusions trop générales que l'on pourrait tirer de la comparaison que M. Frot a voulu faire des deux expériences qu'il a citées.

M. Tresca a dit et il maintient que dans les conditions de l'expérience la machine a été bonne, comme machine à ammoniaque, puisqu'elle n'a consommé que $2^k,24$ par force de cheval et par heure, et qu'elle a mal fonctionné comme machine à vapeur, puisqu'elle a consommé $4^k,82$.

La locomobile a donc été surmenée dans le deuxième cas, si elle est construite de manière à donner de bons résultats dans des conditions moins défavorables.

M. Tresca se demande quels seraient les résultats que l'on obtiendrait si, au lieu de faire développer à la machine 12 chevaux, on ne lui en demandait que 5, et si dans ces nouvelles conditions le rapport observé, entre les consommations des deux expériences, subsistait.

Il ajoute que M. Frot n'a comparé sa chaudière qu'aux chaudières marines, dans lesquelles la combustion est vive, et que dans les machines fixes ou locomobiles employées dans l'industrie, nos meilleurs constructeurs calculent leur surface de grille, de manière à ne brûler que 50 à 60 kilogrammes par mètre carré, au lieu de 105. En parlant de 75 kil., il s'était placé déjà dans l'hypothèse d'une combustion un peu trop énergique.

D'un autre côté, le chiffre de 24 kilogrammes d'eau, vaporisés par heure et par mètre carré de surface de chauffe, est beaucoup trop grand ; c'est ce qui fait dire à M. Tresca que la machine a été surmenée, et que pour cette raison la construction de M. Claparède doit être laissée absolument hors du débat.

M. Frot fait observer qu'il est impossible de calculer, comme l'a fait M. Tresca, la vaporisation par mètre carré de surface de chauffe, mais il pense que, quand la machine développait 12 chevaux, la surface de chauffe de $1^{m2},70$ par cheval devait être considérée comme suffisante pour une bonne utilisation du combustible.

M. Frot cite encore des expériences officielles faites le 13 avril 1867, dans lesquelles on a voulu brûler la même quantité de charbon, 25 kilogrammes par heure, en agissant soit avec la vapeur d'eau, soit avec le gaz ammoniac.

Dans le premier cas, la pression n'a pu se maintenir, même en marchant à vide, et il a fallu augmenter la consommation par heure.

Les résultats de l'expérience sont les suivants :

Vapeur d'eau,	consommation	$32^{k}.27$.	Travail produit.....	7.34
Gaz ammoniac	—	30 .00	—	19.90

M. Frot ajoute que le chiffre de $2^{k},24$ par cheval est très-élevé et qu'il a obtenu, dans certains cas, une consommation de 1 kil. seulement. Il croit que la machine à ammoniaque qu'il avait exposée est d'ailleurs susceptible de perfectionnements importants qu'il doit apporter aux machines actuellement en construction.

M. Tresca termine en disant que, sur le fait en lui-même, il est parfaitement d'accord avec M. Frot ; il repousse cependant la comparaison absolue parce qu'il trouve dans les faits mêmes de l'expérience qu'il a faite une raison de faire quelques réserves quant à la conclusion relative au rapport des consommations.

Il tenait d'ailleurs à apporter à M. Frot le témoignage des chiffres qu'il a observés et qui sont de nature à faire ressortir l'intérêt que présente cette question.

M. le Président croit que la discussion est épuisée jusqu'au moment où d'autres faits viendront répondre aux objections qui ont été présentées.

M. le Président donne la parole à M. Tresca, pour la suite de sa communication sur les machines à travailler le bois.

M. Tresca n'a remarqué à l'Exposition qu'un petit nombre de faits nouveaux et intéressants. Les machines à travailler les bois sur les quatre faces, les raboteuses à lames hélicoïdales sont employées depuis longtemps déjà.

La vitesse des outils a été seulement beaucoup augmentée, et l'on a été obligé

de les modifier tant pour diminuer la résistance de l'air, que pour les équilibrer plus complétement.

M. Tresca cite un petit perfectionnement des machines à rainures et languette; cette modification, due à M. Sautreuil, consiste dans l'addition d'une pièce qui vient appuyer sur la languette pour l'empêcher d'être emportée par l'action de l'outil.

M. Tresca décrit les outils exposés par M. Guilliet.

Ces outils se composent de pièces en acier fondu, dans lesquelles on fait des rainures qui découpent la pièce en un certain nombre d'outils, tous solidaires et présentant exactement le même profil. Un évidage à la meule suffit pour dégager les parties frottantes et leur donner un tranchant très-vif. Ces outils, qui sont peut-être d'une construction coûteuse, pénètrent dans le bois avec une merveilleuse facilité, même dans le travail en bout.

M. Guilliet est parvenu, à l'aide de ces outils en acier, montés sur les diverses faces d'un bat, dont la disposition n'était pas irréprochable, à fabriquer des pièces ouvragées, telles que des balustres polygonaux ou de révolution surchargés de moulures de profils variés. Ils ont d'ailleurs quelque analogie avec ceux employés dans les anciennes machines de M. Grimpé.

M. Tresca fait remarquer que la machine à mortaiser le bois à l'aide d'un bédane tend à disparaître, et que cet outil est généralement remplacé, même dans les machines anglaises par une mèche hélicoïdale qui découpe rapidement et sans déchirure une mortaise terminée par deux portions cylindriques. Il suffit d'arrondir le tenon pour obtenir un assemblage tout aussi précis que l'assemblage ordinaire. Comme exemple de machine employant le ciseau ou bédane, M. Tresca cite une machine américaine destinée à faire une rainure continue en queue d'hironde pour l'assemblage longitudinal des pièces de bois tendre destinées à la fabrication des boîtes. Dans cette machine, un certain nombre d'outils présentant les uns par rapport aux autres les inclinaisons et les saillies voulues, sont montés sur un même chariot.

Ceux qui s'engagent les premiers ébauchent le travail, qui est alors terminé par les lames finisseuses qui n'enlèvent sur la pièce qu'un copeau extrêmement mince, comme le fait la plane dans le travail du tour.

Ce principe est très-intéressant, et est sans doute applicable dans un grand nombre de circonstances. M. Tresca a été étonné de la perfection du travail de cette machine. Il montre, à la société, une boîte en sapin dont les panneaux ont été assemblés au sortir de la machine sans que l'ouvrier ait eu à les retoucher en quoi que ce soit.

Dans la section américaine M. Tresca a aussi remarqué une machine qui n'est arrivée que fort tard à l'Exposition et qui est destinée à faire les véritables queues d'hironde transversales.

Cette machine se compose de deux scies circulaires excentrées par rapport à l'axe de rotation qui les met en mouvement.

Chacune de ces scies est composée de lames rapportées, s'assemblant avec des vis sur un tourteau à rainure.

Dans la plus grande partie de la circonférence, elles présentent la denture ordinaire et dans l'autre partie la lame est terminée par une portion recourbée à angle droit et taillée également en dents de scie.

La pièce que l'on veut découper, étant placée sur un chariot, passe devant la scie; la première partie de la denture forme la paroi latérale de la queue d'hironde et la deuxième forme la moitié du fond. L'autre scie, inclinée en sens contraire, forme l'autre paroi latérale et finit de détacher le fond.

On obtient à l'aide d'un changement d'engrenage un passage plus ou moins rapide du bois devant les lames, et par l'inclinaison variable des scies sur leur axe, on peut obtenir avec la même facilité des queues d'hironde de toutes dimensions.

A l'aide de cette machine, les deux parties constituant l'assemblage à queue d'hironde peuvent se faire beaucoup plus rapidement et dans des conditions de régularité plus satisfaisantes que dans le travail à la main.

M. Tresca compare cette machine à celles du même genre qui se trouvent à l'Exposition et particulièrement à celle de M. Ganz dans la section autrichienne. Il trouve que la machine américaine est certainement la plus ingénieuse et la plus pratique.

M. Tresca cite en terminant le *general-joiner* (Établ. universel) dans lequel divers constructeurs anglais ont réuni sur un même arbre les différents outils employés dans le travail le plus usuel, tels que : scies, rabots droits, rabots à faire les languettes et les rainures et mèches à percer et à mortaiser. Il n'est pas douteux que, dans les petits ateliers, cet établi mécanique ne tardera pas à être employé en France aussi généralement qu'il est employé en Angleterre.

M. Tresca cite la machine à guillocher de M. Van-loo, dans laquelle on retrouve, appliqués aux machines à bois, les mêmes principes dont on se sert depuis longtemps pour les machines à métal; le sautage de la lame est déterminé par des buttoirs, soit en hauteur, soit en largeur suivant le guilloché que l'on veut obtenir, particulièrement pour l'imitation, en panneaux pleins, des divers aspects des panneaux en vanneries.

En résumé, M. Tresca trouve que les tendances manifestées à l'Exposition universelle dans la construction des machines à bois sont les suivantes :

Substitution des bâtis en fonte aux bâtis en bois; emploi de porte-outils tournants, mieux équilibrés et fonctionnant à une plus grande vitesse; appropriation de quelques principes nouveaux dans les machines américaines, de quelques outils spéciaux et quelques perfectionnements de détail, parmi lesquels il convient de citer les modes de construction des outils Guilliet, des machines à guillocher appliquées à la décoration de panneaux de grandes dimensions.

M. Tresca s'est, à dessein, abstenu de parler des grandes scies, par suite de la présence de M. Normand fils, qui renseignera beaucoup mieux la Société sur ce sujet qu'il ne pourrait le faire lui-même.

Un membre demande si avec la machine américaine citée par M. Tresca on a pu vainer le bois perpendiculairement à ses fibres.

Un autre membre ajoute qu'il paraîtrait que cette machine n'a pu être employée pour les sapins ordinaires de nos ateliers, et qu'elle n'a pu fonctionner qu'avec du pin jaune d'Amérique.

M. Tresca répondant à ces questions, dit qu'il est vrai que la première machine est spécialement destinée au travail du bois de fil.

En ce qui concerne le choix du bois, M. Tresca dit qu'en France on a l'habitude de se servir de bois de médiocre qualité, tandis qu'en Angleterre, par exemple, on n'emploie que les premières qualités de ces mêmes bois, autant que possible exempts de nœuds. On obtient ainsi une économie dans la main-d'œuvre, correspondant, dans certains cas, à une bien faible augmentation de prix de revient de la matière première.

M. le Président remercie M. Tresca des détails intéressants qu'il a bien voulu

scies mécaniques.

M. Normand fait remarquer que les scies mécaniques ont été employées en Hollande du temps de Pierre Ier. Ces scies se composaient d'un arbre courbé, tournant sur coussinets en pierre, et mis en mouvement par un moulin à vent. La vitesse était par conséquent très-variable, et la production n'était que de 3 ou 4 arbres sciés en 24 heures.

Le travail était très-bon, l'avancement était de 1 millimètre environ et les scies étaient faites en fer aciéreux d'Allemagne.

Depuis cette époque ce sont les machines anglaises qui ont été employées presque partout. M. Normand fait remarquer qu'il y a 3 méthodes employées maintenant :

La méthode anglaise, la méthode américaine et la méthode française.

En Amérique, on emploie des scies alternatives à une seule lame.

La lame employée a de 4 à 6 millimètres d'épaisseur, elle est montée sur un châssis en bois très-léger, que M. Normand représente par un croquis au tableau.

L'avancement, très-considérable, est souvent de 3 ou 4 centimètres par coup de scie pour les bois durs et va jusqu'à 6 centimètres pour le sapin.

Avec ces machines un arbre de 18 mètres, fendu en 3 traits, est débité en moins d'une heure.

Quelquefois les Américains emploient aussi d'énormes scies circulaires qui peuvent débiter un arbre ayant jusqu'à 4 pieds de diamètre.

M. Normand croit que le développement de la force centrifuge par suite de la grande vitesse qu'on imprime à ces scies contribue beaucoup à leur donner la rigidité nécessaire.

Il ajoute qu'en Amérique la matière première n'ayant qu'une valeur relativement faible, on ne cherche pas comme en France à l'économiser, et l'on se contente d'employer des appareils de construction grossière exigeant beaucoup de force et donnant un déchet considérable qui atteint jusqu'à 10 millimètres par trait de scie.

M. Normand dit ensuite que les Anglais construisent des machines intermédiaires entre les machines américaines et les machines françaises, et que ce sont ces dernières que l'on peut considérer comme les plus perfectionnées.

Il cite les scies à placage de M. Cochot et ajoute qu'en Angleterre ces scies alternatives sont encore remplacées par des scies circulaires dont il indique la disposition.

En résumé, M. Normand croit que les machines françaises sont arrivées au dernier degré de perfection. Le sciage revient maintenant à un prix très-minime : 30 à 40 centimes le mètre carré de surface de sciage pour les gros bois ; pour le sapin, ce prix de revient descend jusqu'à 15 centimes.

M. Vuillemin fait remarquer que les scies circulaires de grand diamètre sont aussi employées en France.

M. Normand ne pense pas que cette application soit de nature à se généraliser.

M. le Président lève la séance en remerciant M. Normand de son intéressante communication.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE.

Séance du 20 Décembre 1867.

Présidence de M. E. Flachat.

Le procès-verbal de la séance du 22 novembre est adopté.

M. le Président annonce le décès de M. Elwell (Henry).

M. le Président annonce que la Société a reçu de M. Prosper Tourneux, inspecteur général des chemins de fer, sur la réforme des tarifs de voyageurs en Belgique, un exemplaire des rapports qu'il a adressés à M. le Ministre des travaux publics, à la suite de la mission qu'il avait reçue d'examiner les conséquences de cette grave mesure.

M. Tourneux expose d'abord la constitution du réseau belge exploité partie par l'État, partie par les compagnies; le tracé de ce réseau enchevêtré de lignes d'intérêt local sur un territoire restreint; la nature de la circulation qui s'accomplit en voyageurs et marchandises, et dans laquelle les courtes distances dominent. Il examine ensuite les principes économiques qui servent de règle aux États, comme aux Compagnies, dans l'exploitation des chemins de fer, en ce qui concerne l'influence des tarifs sur la circulation. Cette première partie, résumée avec une grande lucidité, pose très-nettement la question de la réforme tentée en Belgique.

L'auteur entre ensuite dans l'application : Les réductions de tarifs doivent avoir pour but de provoquer un notable accroissement de circulation ; c'est là l'intérêt public. Mais cet accroissement nécessite des dimensions plus grandes dans les gares, une augmentation de matériel, un plus grand nombre de trains, un personnel plus nombreux, une plus grande fatigue de la voie ; c'est-à-dire un supplément de dépense d'établissement et une augmentation dans les dépenses d'exploitation. Ces diverses dépenses doivent être couvertes par le produit de l'accroissement de la circulation. En cas de perte, l'État ne peut demander aux impôts généraux de la couvrir. Le voyageur, la marchandise doivent payer leur transport, c'est-à-dire les dépenses d'exploitation et la rémunération du capital engagé pour l'effectuer.

Une réduction de tarif devient en conséquence une mesure à laquelle il faut apporter la plus grande attention ; or l'étude préparée en Belgique, bien que très-étendue, n'a pas été complétée, et la mesure a donné lieu, jusqu'à ce jour, à une déception. Les dépenses se sont très-notablement accrues, la circulation ne s'est pas suffisamment développée et les produits ont été faibles ; de là un déficit dans le budjet du chemin de fer.

M. Tourneux ne conclut pas en faveur de la mesure prise par le Gouvernement belge ; il explique la cause de l'échec et il ne paraît pas disposé à partager le peu d'espoir qui reste encore d'une issue favorable.

rence au système qui y est suivi et qui met ce pays en première ligne quant à l'économie des transports.

Ce rapport important sera remis à un des secrétaires de la Société qui en fera l'objet d'une communication plus étendue. Le Président transmettra à M. Tourneux nos remerciments. La réforme des tarifs en Belgique est un événement grave ; il était utile d'en confier l'étude à un esprit aussi impartial et aussi expérimenté, et la publicité donnée à un document où la question est examinée sous toutes ses faces, est un service rendu.

La parole est donnée à M. Loustau, trésorier, pour l'exposé de la situation financière de la Société.

M. Loustau indique que le nombre des Sociétaires, qui, au 21 décembre 1866, était

de		806
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de		119
		925
A déduire par suite de décès	5	
— de démissions	8	23
— de radiations	10	
Nombre total des Sociétaires au 20 décembre 1867		902

Les versements effectués pendant l'année 1867 se sont élevés à :

1° Pour le service courant, cotisations, amendes, etc.	25,810 76	34,599 »
2° Pour l'augmentation du fonds social inaliénable	8,788 24	
Il reste à recouvrer en cotisations, amendes et droits d'admission		9,406 »
Total de ce qui était dû à la Société		44,005 »
Au 21 décembre 1866, le solde en caisse était de	3,637 »	38,236 »
Les versements effectués pendant l'année 1867 se sont élevés à	34,599 »	
Les dépenses diverses de l'année courante, pour impressions, appointements, affranchissements, etc., etc.		26,457 05
Excédant de recettes		11,778 95
Sortie de caisse pour achat de 23 obligations nominatives		7,232 04
Il reste en caisse à ce jour		4,546 91
dont 2,549 61 pour le service courant,		
et 1,997 30 pour le fonds social.		
Somme égale 4,546 91		4,546 91
La Société a en outre en portefeuille, sur son fonds social inaliénable, 312 *obligations nominatives de chemins de fer, ayant coûté*		93,515 70
Plus 12 *obligations au porteur sur le fonds courant, ayant coûté*		3,500 »
Total		97,015 70

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du trésorier, et propose

de voter des remercîments à M. Loustau, pour son dévouement aux intérêts de la Société.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

Il est ensuite procédé aux élections des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1868.

Ces élections ont donné le résultat suivant :

BUREAU.

Président : M. LOVE.

Vice-Présidents :

MM. Callon (Charles).
Vuillemin (Louis).
Mayer (Ernest).
Alcan (Michel).

Secrétaires :

MM. Tronquoy (Camille).
Tresca (Alfred).
Regnard (Paul).
Bobin (Hippolyte).

Trésorier : Loustau (G.).

COMITÉ.

MM. Flachat (Eugène).
Petiet (Jules).
Nordling.
Farcot (Joseph).
Yvon Villarceau.
Tresca (Henri).
Benoît Duportail.
Chobrzynski.
Goschler.
Thomas (Léonce).

MM. Forquenot.
Nozo.
Alquié.
Péligot (Henri).
Guébhard (Alfred).
Muller (Émile).
Salvetat.
Laurent (Charles).
Richard (Jean).
Huet.

MÉMOIRE

SUR

LA RÉSISTANCE DES TRAINS

ET

LA PUISSANCE DES MACHINES.

PAR MM. L. VUILLEMIN, A. GUÉBHARD ET C. DIEUDONNÉ.

Ce mémoire a obtenu le Prix fondé par M. PERDONNET.

Les expériences entréprises par la Compagnie des chemins de fer de l'Est répondent à plusieurs des questions comprises dans le programme adopté par la Société des ingénieurs civils en février 1865, pour le concours fondé par M. PERDONNET.

Le présent mémoire divise *en quatre parties* les questions du programme traitées et expérimentées :

1re PARTIE. — Déterminer, par des expériences multipliées, la résistance des véhicules et des machines locomotives à la traction sur chemin de fer, en tenant compte de toutes les circonstances qui peuvent les modifier, telles que : l'état des rails, des véhicules et des machines ; l'intensité et la direction du vent ; la surface des wagons, la longueur des trains, les dimensions des fusées et des roues, la nature de la graisse ou de l'huile employée, la température, le mode d'attelage, le mode de chargement, le système de construction des machines, les frottements du mécanisme, l'accouplement des roues, les pentes et les courbes, etc.

2e PARTIE. — Déterminer séparément l'influence due à chacune des circonstances ci-dessus mentionnées.

3e PARTIE. — Analyser les causes qui, dans les courbes, modifient la résistance, soit pour un véhicule isolé, soit pour une série de véhicules ; contrôler le raisonnement par l'expérience.

4e PARTIE. — Trouver par l'expérience une formule pratique pour calculer la charge que peut traîner une machine locomotive de forme et de dimensions connues, en tenant compte de l'adhérence et des autres conditions importantes.

PREMIÈRE PARTIE.

Pour déterminer la résistance à la traction d'un véhicule ou d'une machine locomotive isolés, nous avons employé deux méthodes :

1re MÉTHODE. — Le véhicule ou la machine dont on veut connaître la résistance est lancé sur la voie à une vitesse déterminée, puis abandonné à lui-même jusqu'à l'arrêt complet. On mesure la distance parcourue, pendant que la vitesse a passé de sa valeur initiale jusqu'à zéro.

Soit : m la masse du véhicule;
v_0 sa vitesse initiale (en mètres à la seconde);
s l'espace parcouru (en mètres);
x la résistance moyenne pendant ce parcours (en kilogr.).

Si la voie est en palier, on aura l'équation suivante :

$$(\alpha) \qquad \frac{1}{2} m v_0^2 = x \times s.$$

On pourra déterminer x, valeur moyenne de la résistance.

L'équation (α) doit être complétée par un terme qui tienne compte de la puissance vive de rotation des roues. — En effet, celle-ci tend à pousser le véhicule en avant. On trouvera dans la note A le calcul détaillé relatif à cette correction, et on verra que, pour un wagon, il faut ajouter au 1er membre de l'équation un terme $25 \, v_0^2$.

On a donc :

$$(\beta) \qquad \left(\frac{1}{2} m + 25\right) v_0^2 = x \times s.$$

Cette méthode peut encore conduire plus loin, c'est-à-dire à la détermination de la résistance pour une vitesse donnée, ou de l'effort de traction qu'exigerait le véhicule pour maintenir cette vitesse.

Supposons, en effet, qu'on ait noté, pendant la période de ralentissement, des points de repère pour le temps et l'espace. On pourra construire la courbe des espaces parcourus, en fonction du temps

$$s = f(t).$$

Construisons les tangentes aux différents points de cette courbe; me-

surons les angles de ces tangentes avec l'axe des abcisses; la valeur géométrique de ces tangentes, mesurées dans un cercle de rayon égal à l'unité, donne les vitesses aux différents points. On pourra donc tracer la courbe

$$v = f'(t).$$

En opérant de même sur cette deuxième courbe, on en déduira la courbe des accélérations :

$$j = f''(t).$$

En multipliant l'accélération j à un instant déterminé par la masse m, on obtient la force appliquée

$$F = m\, f''(t).$$

Donc, ayant construit la courbe des accélérations, il suffira de multiplier les ordonnées par une constante m, pour obtenir la force retardatrice aux différents instants.

2e MÉTHODE. — Elle consiste à expérimenter avec un dynamomètre de traction. (PL. 94 et 95.)

DESCRIPTION DU DYNAMOMÈTRE.

L'appareil est installé dans un wagon à caisse fermée, qui s'attelle immédiatement derrière le tender. La tige de traction est soudée à la chape mobile *a* du ressort dynamométrique; la chape fixe *b* de ce ressort est reliée d'une manière invariable au châssis du wagon. Ainsi, la force de traction passe par le ressort avant d'agir sur le wagon.

La chape mobile *a* porte un crayon vertical *c*, qui avance ou recule dans un plan vertical, suivant que le ressort fléchit plus ou moins. Au-dessous du crayon, dans un plan horizontal, se meut une bande de papier qui s'enroule sur le rouleau *d*; elle est sollicitée par un mouvement d'horlogerie renfermé dans la caisse *f*.

Les distances se marquent à la main, au moyen du crayon *g*. Elles sont repérées au moyen d'un compteur renfermé dans la boîte *l*, et dont la roue mère est mue par un cliquet, qui lui-même reçoit son mouvement de va-et-vient à l'aide d'un excentrique *m* monté sur l'essieu du wagon. L'aiguille fait un tour par kilomètre; les divisions du cadran sont de 10 mètres en 10 mètres.

Si le compteur vient à se déranger par des glissements dans les courbes, ou par suite des manœuvres dans les gares, il est facile de le régler à nouveau, au moyen des poteaux kilométriques de la voie.

Le crayon *h* sert à indiquer les temps : il est nécessaire qu'un second observateur marque ces temps à la main, vu que le déroulement de la

bande de papier ne peut pas être regardé comme uniforme à cause des soubresauts qui viennent déranger le mouvement d'horlogerie.

Le déroulement d'un rouleau dure une heure environ; la mise en place d'un rouleau neuf demande cinq minutes.

Une girouette, placée au-dessus du wagon, fait mouvoir à l'intérieur une aiguille sur un cercle divisé. On peut ainsi noter en stationnement l'angle que fait le vent avec l'axe du wagon. A côté du cadran de la girouette se trouve une boussole qui donne l'angle du méridien magnétique avec l'axe du wagon : on connaît donc l'orientation du vent.

Un thermomètre donne la température.

La PL. 96 donne le détail du ressort dynamométrique. Les lames ont 1m,04 de longueur; elles sont au nombre de 14; les extrémités de deux lames voisines sont réunies par deux boulons et deux petites rondelles. L'assemblage est facile à faire et à défaire : on fait travailler tout le ressort ou une partie seulement, suivant que l'effort de traction doit être plus ou moins grand.

Les flexions du ressort ont été mesurées avec soin dans l'atelier, et ont été notées en regard des forces.

Il y a une échelle pour chaque accouplement, pour 2 lames, pour 4 lames, etc., et pour 14 lames. Les flexions sont à peu près rigoureusement proportionnelles aux forces.

Ce grand ressort a été fait chez MM. Petin et Gaudet. Il est excellent; sa flexibilité n'a pas été altérée par les expériences. Au milieu de nos essais, en mai 1865, nous avons fait vérifier ses flexions; elles n'avaient pas changé depuis l'origine. (Voir l'échelle des flexions, PL. 96.)

Pour déterminer la résistance des trains de voyageurs ou de marchandises, nous n'avons opéré que par la méthode du dynamomètre de traction.

Notre première partie comprend trois divisions.

1° Résistance d'un wagon isolé par 2 méthodes.

2° Résistance d'une machine avec tender par 2 méthodes.

3° Résistance des trains composés de voitures ou wagons, par une seule méthode.

1° RÉSISTANCE D'UN WAGON ISOLÉ.

1re MÉTHODE. — Les expériences ont été faites entre Épernay et Jâlons. (Voir le profil de la ligne de Paris à Strasbourg, PL. 99.) Cette section, longue de 18 kilomètres, est éminemment favorable à de pareils essais. En effet, la pente y est uniforme et presque nulle (rampe de 0mill,4 dans

le sens d'Epernay à Jâlons); de plus, il y a un alignement de 10 kilomètres, un autre de 3, et les courbes sont toutes courtes et de grand rayon (R = 2 à 3000 mètres).

La température moyenne a été de 25°.

RÉSISTANCE MOYENNE D'UN WAGON LANCÉ A DIFFÉRENTES VITESSES.

Le wagon à caisse fermée et à quatre roues sur lequel on a expérimenté était muni de boîtes à l'huile[1].

Le diamètre de ses roues = 1 mètre (les rais sont à bras en étoile).

Dimensions de sa caisse	hauteur. . . .	2m,30
	largeur. . . .	2 ,60
	longueur . . .	4 ,90

Ce wagon était traîné derrière une machine; l'opérateur se tenait dedans, muni d'un compteur de distance et d'un chronomètre. Lorsque la vitesse convenue était atteinte et devenue uniforme, à un signal donné, on enlevait le boulon d'attelage de la machine; celle-ci filait devant, et le wagon continuait de rouler seul, en ralentissant jusqu'à l'arrêt complet. On répétait l'expérience plusieurs fois, en variant la vitesse initiale.

Cinq expériences ont été faites; les résultats en sont consignés dans le tableau ci-après :

PROFIL de la voie. — Rampes.	VITESSE initiale en mètres à la seconde.	LONGUEUR parcourue.	RÉSISTANCE déduite de la formule.	RÉSISTANCE corrigée de la gravité.	COEFFICIENT de résistance. par tonne.
mill. 0.4	5m.00	385m	19k.80	17k.60	3k.20
Id.	6 .65	550	24 .60	22 .40	4 .07
Id.	13 .90	1333	44 .20	42 .00	7 .63
Id.	13 .90	1408	41 .70	39 .50	7 .18
Id.	12 .50	1347	35 .30	33 .10	6 .03

La résistance totale du wagon, calculée par la formule (β), a dû subir une petite réduction, à cause d'une faible inclinaison de la voie (rampe de 0mill,4).

Nous l'avons faite en supposant que, par tonne, la résistance était augmentée de 0k,40; cela fait pour le wagon :

$$5{,}5 \times 0{,}4 = 2^{k}{,}2.$$

1. C'était le wagon dynamomètre. Son poids était de 5,500 kilogrammes.

Nous verrons d'ailleurs, par la suite, que telle est l'influence de la gravité sur la résistance des wagons dans une rampe de $0^{m\,m},4$.

La dernière colonne du tableau précédent donne le coefficient moyen de résistance d'un wagon à caisse, tel que celui que nous avons décrit, roulant sur voie droite et en palier. On voit combien il augmente avec la vitesse initiale.

Si la vitesse initiale double, la résistance moyenne du wagon double à peu près aussi.

On ne peut pas dire au juste à quelle vitesse correspondent les coefficients précédemment trouvés; car la vitesse moyenne n'est pas égale à la moyenne des vitesses extrêmes, c'est-à-dire à la moitié de la vitesse initiale. On a même observé qu'elle était notablement plus petite que cette moitié, surtout si la vitesse initiale est grande, puisque la résistance croît avec la vitesse.

Pour déterminer la loi de variation des coefficients avec la vitesse. nous avons employé la méthode graphique décrite page 702. Il est certain que cette méthode est difficile à appliquer; les erreurs d'observation, les erreurs difficiles à éviter dans la construction des tangentes peuvent se multiplier d'une courbe à l'autre; cependant nos résultats ont été assez bons.

La méthode graphique a été appliquée aux quatre premières expériences relatées dans dans le tableau de la page 705.

Les quatre séries de courbes sont représentées PL. 97.

Les parties extrêmes des courbes d'accélération présentent moins de certitude que les parties moyennes, à cause de la construction graphique des tangentes.

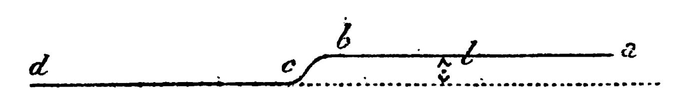
En groupant les chiffres indiqués PL. 97 et faisant la correction de la gravité, on obtient le tableau suivant qui donne la loi des résistances en palier de 0 à 35 kilomètres.

VITESSES à l'heure.	RÉSISTANCE totale du wagon.	COEFFICIENT de résistance par tonne.
35km	42kg	7k.6
25k à 30k	35	6 .3
20 à 25	30	5 .4
15 à 20	24	4 .3
10 à 15	19	3 .4
5 à 10	14	2 .5
1 à 5	11	2 .0
0	48	8 .7 (démarrage).

2e MÉTHODE. — Le wagon dynamomètre étant accroché derrière une machine, on a cherché à déterminer sa résistance propre, qui seule est

alors indiquée par la courbe. Ce résultat est intéressant à rapprocher de ceux que nous avons indiqués ci-dessus.

La traction du wagon seul est très-faible, et a dû être mesurée d'une manière spéciale. En effet, la plus petite erreur dans le tracé de la ligne des abscisses, due soit au jeu du papier sur les rouleaux, soit au défaut de centrage du crayon, serait une fraction notable de la quantité qu'il s'agit de mesurer; aussi avons-nous employé un artifice : le wagon est d'abord traîné à une vitesse uniforme, et le crayon indicateur marque un trait *ab;* puis le wagon est subitement lâché par la machine; alors le même crayon marque une ligne *cd;* la distance *l* entre les deux lignes mesure exactement la résistance du wagon.



On a ainsi trouvé que la résistance était :

De 25 kilogr. à la vitesse de 25 kilom. à l'heure, soit par tonne 4k.54.
De 50 kilogr. à la vitesse de 50 kilom. à l'heure, soit par tonne 9. 10.

Ces chiffres sont un peu inférieurs à ceux trouvés à la première méthode; cela s'explique parce que le tender masquait une partie de la face d'avant du wagon.

Le coefficient de résistance par tonne, au démarrage, de 8k,7, indiqué au tableau de la page 706, a été aussi vérifié approximativement au moyen d'un petit dynamomètre à ressort en spirale, interposé sur la chaîne qui servait à tirer doucement le wagon jusqu'à ce qu'il se mît en mouvement.

2° RÉSISTANCE DES LOCOMOTIVES LANCÉES A DIFFÉRENTES VITESSES.

1re MÉTHODE. — Les expériences ont eu lieu entre Épernay et Jâlons : des pesées étaient faites à Épernay, au départ et au retour, sur une bascule à 6 ponts, pour déterminer les poids exacts *des machines et tenders.*

On a cherché à déterminer la résistance des machines en feu et graissées, dans les conditions de marche ordinaire.

Les machines étaient lancées à des vitesses initiales différentes; puis, quand la vitesse était devenue uniforme, le régulateur était fermé, et on laissait filer jusqu'à l'arrêt complet. Les distances et les temps se mesuraient au moyen d'un chronomètre et d'un compteur de distances.

La puissance vive initiale se compose, non-seulement de la puissance vive due à la vitesse rectiligne de la masse totale, mais encore de la puissance vive due à la rotation des masses tournantes. (Voir le calcul des puissances vives de rotation, dans la note A, page 767.)

Les machines soumises à cette série d'expériences appartenaient à deux types : type 14 et type 15, machine mixte et machine à marchandises. (Voir, le tableau n° 1, page 709, les détails concernant tous les types de machines de la Compagnie de l'Est, auxquelles s'appliquent nos divers essais.)

V étant la vitesse à la jante, en mètres par seconde, la puissance vive de rotation de nos essieux de machines sera exprimée comme il suit

$$\begin{aligned} 18{,}4 &\times V^2 \text{ pour les roues de } 1^m{,}20; \\ 20 &\times V^2 \text{ pour les roues de } 1^m{,}30; \\ 27{,}4 &\times V^2 \text{ pour les roues de } 1^m{,}68. \end{aligned}$$

Cela posé, soit :

s. l'espace parcouru en mètres;
M. la masse totale en mouvement;
V. la vitesse initiale en mètres à la seconde;
a. la résistance connue du wagon auxiliaire, dans lequel se trouvait l'opérateur;
x. la résistance inconnue du moteur (machine et tender en kilogrammes);
b. un terme connu (dépendant des masses tournantes).

On a la formule :

$$(\gamma) \qquad \left(\frac{1}{2} M + b\right) V^2 = (a + x) \times s.$$

Comme exemple d'application de cette formule (γ), prenons l'essai n° 1 du tableau n° 2. (Voir page 710.)

La machine mixte n° 249, type 14, le tender 440 et le wagon auxiliaire (total 3 véhicules) ont été lancés à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure, puis le tout s'est arrêté en 427 mètres : la durée de ce parcours a été de 2 minutes et 30 secondes, d'où il résulte que la vitesse moyenne a été de 10 kilomètres à l'heure.

De plus on a :

$$\frac{1}{2} M = \frac{1}{19{,}62} \times (50400 + 5500) = 2850.$$

$$b = 25 + 2 \times 27{,}4 + 3 \times 18{,}4;$$

TABLEAU N° 1. — Types de machines soumises aux expériences dynamométriques.

	ROUES libres. n° 1.	ROUES libres. n° 2 *bis*.	CRAMPTON n° 8.	MIXTES. n° 7.	MIXTES. n° 12.	MIXTES. n° 14.	Marchandises n° 11.	Marchandises n° 15.	Marchandises n° 20.	8 ROUES couplées. n° 17 *bis*.
Nombre d'essieux moteurs	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4
Nombre total d'essieux	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Poids chargeant les roues motrices (avec 15 c. d'eau).	9. 852^k	11. 030^k	10. 275^k	18. 800^k	21. 400^k	19. 600^k	26. 791^k	29. 309^k	33. 000^k	46. 310^k
Poids total (avec 15 centim. d'eau)	22. 040^k	26. 978^k	27. 275^k	25. 694^k	25. 500^k	28. 805^k	26. 791^k	29. 309^k	33. 000^k	46. 310^k
Diamètre et longueur des cylindres	38^c 56^c	38^c 56^c	40^c 56^c	42^c 56^c	42^c 56^c	42^c 56^c	44^c 60^c	42^c 61^c	44^c 66^c	50^c 66^c
Diamètre des roues motrices	1^m 69	2^m 00	2^m 30	1^m 69	1^m 69	1^m 68	1^m 43	1^m 30	1^m 40	1^m 26
Position des cylindres	extérieurs.	extérieurs.	extérieurs.	intérieurs.	intérieurs.	extérieurs.	intérieurs.	extérieurs.	extérieurs.	extérieurs.
Ecartement des essieux extrêmes	3^m.015	3^m.875	4^m.500	3^m.560	4^m.240	3^m.520	3^m.435	3^m.300	3^m.550	3^m.950
Dimensions des fusées des essieux. 1er essieu.	15^c/17^c	16^c/24^c	15^c/26^c	16^c/18^c	16^c/18^c	15^c/22^c	16^c/19^c	16^c/20^c	18^c/23^c	17^c/25^c
2e —	16^c/15^c	16^c/18^c	13^c/22^c	17^c/16^c	16^c/18^c	16^c/18^c	17^c/17^c	16^c/18^c	18^c/23^c	17^c/25^c
3e —	15^c/17^c	15^c/17^c	18^c/26^c	16^c/18^c	13^c/15^c	16^c/18^c	16^c/19^c	16^c/18^c	18^c/23^c	20^c/25^c
4e —	»	»	»	»	»	»	»	»	»	17 25
Longueurs des bielles motrices	1^m.375	1^m.650	2^m.070	1^m.400	1^m.900	1^m.760	1^m.550	1^m.720	1^m.650	2^m.400
Timbre de la chaudière	8 atm.	8 atm.	8 atm.	8 atm.	8 atm.	8 atm.	8 atm.	8 atm.	8 atm.	8 atm.
Surface du foyer	5^{mq} 06	6^{mq} 34	6^{mq} 65	6^{mq} 36	7^{mq} 41	7^{mq} 20	7^{mq} 25	7^{mq} 20	8^{mq} 05	9^{mq} 71
Surface des tubes	62 85	69 35	84 62	81 96	74 49	93 22	91 55	93 22	113 00	183 92
Surface de chauffe totale	67 91	75 60	91 27	88 32	81 90	100 42	98 80	100 42	121 05	193 63
Longueur des tubes	3^m.760	3^m.011	3^m.460	4^m.055	3^m.187	3^m.994	4^m.017	3^m.994	4^m.100	5^m.000
Diamètre moyen du corps cylindrique	0^m.970	1^m.200	1^m.266	1^m.198	1^m.258	1^m.256	1^m.258	1^m.256	1^m.320	1^m.500
Volume d'eau (avec 15 cent. au-dessus du ciel)	2^{mc} 040	2^{mc} 628	3^{mc} 355	3^{mc} 444	2^{mc} 800	3^{mc} 445	2^{mc} 999	3^{mc} 445	3^{mc} 926	5^{mc} 220

NOTA. Les machines à 8 roues couplées, neuves, employées sur les fortes rampes, ont la chaudière plus longue de 28 centimètres que celle des 8 roues couplées primitives, type 17 *bis*. De plus, la pression a été portée à 9 atmosphères dans ces nouvelles machines portant les numéros 0.526 à 0.600.

Tableau n° 2. — Expériences sur la résistance au mouvement des machines et tenders.

NUMÉROS des essais.	TYPE DE MACHINE ET TENDER.	PROFIL de la voie.	VITESSE initiale à l'heure.	LONGUEUR parcourue.	DURÉE du parcours en secondes.	VITESSE moyenne du parcours à l'heure.	RÉSISTANCE moyenne calculée.	CORRECTION de la gravité.	RÉSISTANCE MOYENNE EN PALIER. Totale.	RÉSISTANCE MOYENNE EN PALIER. Par tonne.	MOYENNE des coefficients	OBSERVATIONS.
			kilom.	mètres		kilom.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kil.	kil.	
1		R* 0mill.4	20	427	150	10	196	20	176	3.50	3.48	* R signifie *rampe*.
2		Id.	20	430	157	10	194	20	174	3.46		
3		Id.	30	688	194	12	292	20	272	5.38		
4	Mixte 249. — Type 14.	Id.	33	810	210	14	256	20	236	4.68		
5	Tender 440. — Boîtes à graisse.	P** 0mill.4	33	1115	269	15	187	20	207	4.20	4.59	** P signifie *pente*.
6	Poids, 50 000 kilogrammes.	Id.	38	1465	304	17	183	20	203	4.10		
7		R 0mill.4	45	1640	280	21	243	20	223	4.42	4.81	
8		Id.	45	1437	280	18	283	20	263	5.20		
9		P 0mill.4	51	2137	362	21	237	20	257	5.20	5.67	
10		Id.	55	2047	348	21	283	20	303	6.15		
11		R 0mill.4	26	746	196	14	188	20	168	3.30	2.92	
12		Id.	26	910	280	12	149	20	129	2.54		
13	Mixte 253. — Type 14.	Id.	34	1218	290	15	186	20	166	3.28	3.41	
14	Tender 484. — Boîtes à huile.	Id.	32	1350	319	15	200	20	180	3.54		
15	Poids 50 500 kilogrammes.	Id.	43	1730	350	18	203	20	183	3.61	3.90	
16		P 0mill.4	46	2082	362	21	190	20	210	4.20		
17		Id.	60	2626	379	25	267	20	287	5.74	5.74	
18		R 0mill.4	20	322	130	9	242	18	224	4.92	5.32	
19		Id.	22	346	130	10	273	18	255	5.63		
20		P 0mill.4	20	340	130	9	227	18	245	5.40		
21		R 0mill.4	26	380	132	9	350	20	330	7.28		
22		Id.	26	404	135	11	318	20	298	6.53	6.43	
23	Marchandises 0.123. — Type 15.	Id.	26	450	146	11	283	20	263	5.82		
24	Tender 118. — Boîtes à graisse.	Id.	30	508	150	12	339	20	319	7.00		
25	Poids 45 300 kilogrammes.	Id.	32	610	165	13	312	20	292	6.45		
26		Id.	33	700	171	15	290	20	270	5.96		
27		P 0mill.4	30	680	170	14	246	20	266	5.88		
28		Id.	40	842	182	17	318	20	338	7.45	7.52	
29		Id.	30	792	180	16	326	20	346	7.60		
30	Marchandises 0.155. — Type 15.	R 0mill.4	38	990	218	16	276	20	256	5.25	5.50	
31	Tender 400. — Boîtes à huile. Poids 48 800 kilogrammes	Id.	40	1015	214	17	307	20	287	5.93		

d'où : $b = 135$,

$V^2 = 5{,}55^2 = 30{,}8,$

$a = 19{,}80 \qquad s = 427.$

Portant ces valeurs dans l'équation (7), on trouve :

$$2985 \times 30{,}8 = (19{,}80 + x) \times 427;$$

d'où l'on tire :

$$x = 196.$$

Ainsi la résistance moyenne *de la machine et du tender*, pendant la période de ralentissement, a été de 196 kilogrammes; si la voie avait été absolument de niveau, la résistance eût été diminuée de :

$$0{,}4 \times 50{,}4 = 20^k{,}16.$$

Soit 20 kilogrammes. Reste 176 kilogrammes, ce qui, par tonne, fait $3^k{,}50$.

Malgré quelques divergences qui s'expliquent bien par des variations dues à l'état de la voie et au graissage, on voit que les coefficients du tableau n° 2 peuvent se grouper de manière à fournir une loi de croissance continue suivant que la vitesse initiale augmente.

D'une machine à une autre machine du même type, la variation des coefficients, à égalité de vitesse initiale, s'explique par le rodage plus ou moins parfait des pièces frottantes. — Pour des types différents, outre cette cause, la variation dépend des dissemblances du mécanisme.

L'infériorité relative des coefficients, pour les machines 253 et 0,155, provient de ce que les tenders de ces machines sont munis de boîtes à huile.

Réunissons les chiffres portés au tableau n° 2; pour les deux machines mixtes, le coefficient f de résistance moyenne par tonne a les valeurs suivantes :

Pour une vitesse initiale de			20 à 29^k,	soit une vit. moy. de			11^k. $f = 3^k{,}20$
»	»	»	30 à 39	»	»	»	15. $f = 4{,}00$
»	»	»	40 à 49	»	»	»	20. $f = 4{,}35$
»	»	»	50 à 60	»	»	»	23. $f = 5{,}70$

La machine à marchandises n° 0,123 donne :

Pour une vitesse initiale de			20 à 25^k,	soit une vit. moy. de			9^k. $f = 5^k{,}32$
»	»	»	25 à 35	»	»	»	12. $f = 6{,}43$
»	»	»	35 à 40	»	»	»	16. $f = 7{,}52$

Les résultats de la machine 0,155 ne peuvent être combinés avec ceux de la machine 0,123, parce qu'ils ne sont pas assez nombreux.

La méthode graphique des courbes d'accélération n'a pas été appliquée aux expériences dont nous venons de parler.

2e MÉTHODE. — Chaque double voyage, d'Épernay à Jâlons et retour, se faisait avec deux machines; le dynamomètre étant placé au milieu, la machine de queue, traînée à l'aller, remorquait l'autre au retour, en devenant machine de tête. La machine traînée avait le régulateur fermé, le levier de marche au point mort, et les purgeurs ouverts. Au milieu du voyage, on faisait un arrêt pour graisser les cylindres de la machine traînée.

Les types expérimentés ont été au nombre de 4; les résultats obtenus sont réunis dans le tableau n° 3.

On voit qu'aux vitesses ordinaires du service, la résistance par tonne *de machine et tender*, pour le roulement de ces véhicules et les frottements de leur mécanisme à vide, atteint les valeurs suivantes :

Machine	à marchandises	(type 15)	V = 24k.	f = 9k,52;
»	»	(type 20)	V = 26.	f = 10, 24;
»	mixte	(type 14)	V = 45.	f = 6, 41;
»	à roues libres	(type 1)	V = 45.	f = 5, 48.

Les chiffres trouvés par cette méthode sont naturellement supérieurs à ceux obtenus par le premier procédé : les vitesses sont généralement plus grandes, et le graissage des cylindres et des tiroirs n'est pas le même : ici, nous faisons plusieurs kilomètres sans vapeur dans les cylindres, et sans graisse; dans la première méthode, la machine ne fait que quelque cent mètres une fois le régulateur fermé.

Voici deux applications immédiates à faire des chiffres que nous venons de citer :

1° A leur vitesse normale, les machines à marchandises à 6 roues descendent seules, sans vapeur, les pentes de 9 à 10 millim.; de même les machines mixtes et à roues libres descendent seules les pentes de 5 à 6 millimètres.

2° Si l'on veut mesurer le travail total développé par une machine en tête d'un train, il faudra, au travail de traction mesuré par le dynamomètre, ajouter le travail absorbé par la machine elle-même, soit pour son transport, soit pour ses frottements. Ce calcul se fera en multipliant les coefficients ci-dessus par le poids du moteur et par la vitesse.

La machine type 20 a donné un coefficient plus fort que la machine type 15, quoique celle-ci ait des roues plus petites. Ce qui augmente la

TABLEAU n° 3. — Expériences dynamométriques sur la résistance des machines et tenders en mouvement.

TYPE DE MACHINE.	NUMÉRO de la machine.	PARCOURS kilométrique de la machine depuis la dernière grande réparation.	TYPE DE TENDER.	POIDS de la machine et du tender.	NOMBRE de kilomètres expérimentés.	VITESSE moyenne à l'heure.	RÉSISTANCE moyenne totale.	RÉSISTANCE par tonne de machine et de tender.	MOYENNE des résistances par tonne.
		kilom.		t. t.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
Marchandises. Type n° 15.....	0.151	18 231	4 roues, boîtes à graisse.	49 à 50	6	15	437	8.90	
6 roues couplées. D = 1m30...			D = 1m20..........		10	24	497	10.00	9.80
					4	27	515	10.50	
	0.123	8 013	4 roues, boîtes à huile..	50 à 51	8	22	416	8.20	9.25
			D = 1m20..........		4	34	523	10.30	
								Moyenne..	9.52
Marchandises. Type n° 20.....	0.295	16 403	4 roues, boîtes à graisse.	53 à 55	11	23	529	9.62	10.24
6 roues couplées. D = 1m40...			D = 1m14..........		17	30	582	10.86	
Mixtes. Type n° 14..........	249	12 895	4 roues, boîtes à graisse.	47 à 49	11	30	347	6.92	7.73
4 roues couplées. D = 1m70...			D = 1m20..........		10	49	417	8.55	
					5	62	588	12.58	
	214	20 943	4 roues, boîtes à graisse.	51 à 52	15	29	293	6.01	5.65
			D = 1m20..........		3	27	272	5.30	
	189	3 185	4 roues, boîtes à huile...	51 à 53	16	35	300	5.81	5.86
			D = 1m20..........		5	43	307	5.92	
								Moyenne..	6.41
Roues libres. Type n° 1.......	77	19 623	4 roues, boîtes à graisse.	37 à 38	15	50	232	6.05	5.48
D = 1m70..............			D = 1m00..........		2	41	185	4.92	

résistance du type 20, c'est probablement la plus grande dimension des cylindres, et en général un peu plus de frottement dans le mécanisme.

Quant à l'influence de la vitesse sur la résistance, elle ressort clairement de ce tableau; nous reviendrons sur ce sujet dans notre deuxième partie.

RÉSISTANCE DES LOCOMOTIVES ET TENDERS AU DÉMARRAGE.

Il y a un frottement spécial au départ, parce que l'état de lubrification des surfaces n'est pas le même que lorsque le véhicule a fait quelques tours de roue. Il y a, pour chaque véhicule donné, un effort minimum qui est nécessaire pour en opérer le démarrage; il faudrait pour déterminer exactement cet effort, tirer progressivement jusqu'à ce que la masse fasse un petit mouvement.

Cela est fort difficile à réaliser lorsqu'on démarre à l'aide d'une locomotive; de cette manière, en effet, on est presque toujours exposé à tirer plus fort qu'il n'eût été nécessaire. Cependant nous avons obtenu un démarrage remplissant à peu près les conditions voulues, en traînant une lourde machine mixte avec une petite machine à roues libres; celle-ci était obligée d'employer toute sa puissance pour le démarrage, qui, par conséquent, était fort doux. Nous avons ainsi trouvé que la machine mixte, type 14, avec son tender, exigeait au démarrage un effort de 820 kil., soit 15^k,90 par tonne.

Un démarrage doux a été fait aussi sur la machine à marchandises, type 15 : l'effort a été de 19^k,70 par tonne.

Ces chiffres indiquent à peu près la valeur des frottements au départ.

Si maintenant on démarre plus énergiquement, la force maxima indiquée par la courbe n'est pas seulement employée à vaincre les frottements; elle donne aussi de l'accélération à la masse remorquée.

C'est ainsi que nous avons observé, au démarrage d'une machine mixte, un effort qui a été jusqu'à 40 kilogr. par tonne; et cependant on ne pouvait pas dire que ce démarrage fût brusque. Tous les jours, dans le service des chemins de fer, on fait des démarrages pareils.

RÉSISTANCE DES TENDERS SEULS.

On a expérimenté au dynamomètre des tenders isolés. (Voir le tableau n° 4.) La résistance moyenne est de 5^k,16 par tonne, à la vitesse de 27 à 32 kilom., et de 7^k,00 par tonne, à la vitesse de 45 kilomètres.

TABLEAU N° 4.

Expériences dynamométriques sur la résistance des tenders en mouvement.

TYPE DE TENDER.	NUMÉRO du tender.	POIDS du tender.	NOMBRE de kilomètres expérimentés.	VITESSE moyenne à l'heure.	RÉSISTANCE moyenne totale.	RÉSISTANCE par tonne.	MOYENNE des résistances.
		k.	k.	k.	k.	k.	
Boîtes à graisse, 4 roues. D = 1m.20.	440	19.510	3	29	99	5.07	5k.16
		18.600	4	27	93	4.98	
		18.600	5	32	101	5.43	
		19.510	2	44	128	6.56	7k.00
	174	21.400	14	45	160	7.45	

RÉSISTANCE DES MACHINES A 4 ESSSIEUX COUPLÉS.

Quelques expériences ont été faites pour déterminer spécialement la résistance des machines à 4 essieux couplés du dépôt de Forbach. Nous n'avions à notre disposition qu'une voie de 300 mètres, en alignement; par conséquent, il était impossible de dépasser une faible vitesse. La température était + 5 degrés centigrades.

On allait et venait sur la voie de 300 mètres; chaque essai a été répété deux fois, afin de prendre une moyenne.

Deux machines, 0,177 et 0,168, ont été traînées avec leurs tenders : la machine 0,177 était chaude et en pression; la machine 0,168 était froide.

Voici les résistances données par la courbe dynamométrique :

1° Machine 0,177 (poids de la machine et du tender = 63,100k).

Au 1er essai.	1460k
Au 2e essai.	1470
Moyenne.	1465k

2° Machine 0,168 (poids de la machine et du tender = 64,700k).

Au 1er essai.	1300k
Au 2e essai.	1370
Moyenne.	1335k

Moyenne des deux résultats : 1400 kilogr., soit 21k,50 par tonne.

La vitesse a varié de 6 à 10 kilomètres à l'heure.

Les expériences dont nous venons de parler ont été faites avec le plus grand soin. Néanmoins, il est certain qu'on ne peut leur accorder au-

tant de confiance qu'à celles faites sur des parcours de 10 à 12 kilom., entre Épernay et Jâlons.

Nous avons déterminé la résistance opposée par la machine à 4 essieux au démarrage :

Elle est de 30 kilogrammes par tonne.

3° RÉSISTANCE DES TRAINS EN GÉNÉRAL.

Pour arriver à mesurer l'effort dû à la résistance des trains, sur la barre d'attelage du tender, nous avons toujours eu recours au dynamomètre décrit page 703, n'opérant par conséquent que par la deuxième méthode. — Comme exemple du mode d'expérimentation et de calcul, nous joignons à ce mémoire un diagramme (PL. 98) où l'on trouvera tous les détails du calcul pour une partie du train (E) 74 du 22 mars 1867. C'est un train de marchandises sur forte rampe (15 millim. par mètre); la traction est faite par une machine à 8 roues couplées.

Les temps sont marqués de 30 secondes en 30 secondes; les distances sont marquées de 500 mètres en 500 mètres, et, lorsque la vitesse baisse beaucoup, de 250 en 250 mètres.

Tout ce qui est tracé sur le diagramme en trait plein a été fait au moment de l'expérience; les indications en traits pointillés ont été faites au bureau, pour les besoins du calcul.

Le papier marchait de gauche à droite; donc, pour suivre l'ordre de l'expérience, il faut étudier la courbe de droite à gauche.

Comme le crayon marquant la force n'est pas placé dans le même plan vertical que les deux crayons indiquant le temps et l'espace[1], il faut déplacer la courbe de 95 millim., qui est la distance entre les deux plans : la ligne *a b* représente la force au moment où l'on a passé au poteau 89.

Chaque période de distance donne lieu à un calcul de force, de temps, de vitesse et de travail.

Exemple : Entre le poteau 88 1/2 et le poteau 89. La quadrature de la courbe se fait au moyen de deux trapèzes; on en déduit que la force moyenne a été de 4190 kilogr. pendant ce parcours. Il y a eu 3 pointages de 30 secondes, plus une fraction qui correspond à 12 secondes; total 102″. Il en résulte une vitesse de 17^{k},7 à l'heure, et un travail de 275 chevaux sur la barre d'attelage du tender.

Cela posé, tous les chiffres du rouleau sont relevés et inscrits sur une feuille autographiée, destinée au calcul des résultats généraux du train. (Voir le tableau n° 5.)

1. Cette disposition était nécessaire pour laisser le chemin libre au crayon des forces, dans ses oscillations.

Essais dynamométriques.

Train n° (E) 74 du 22 mars 1867, de Vielsalm à Gouvy.

Machine n° 0529. (Type à 4 essieux couplés.)

Tableau n° 5.

POTEAUX kilométriques.	PROFIL de la voie.	COURBURE de la voie.	POIDS brut du train.	NOMBRE et espèces de véhicules.	CONDITIONS atmosphériques.	EFFORTS ACCUSÉS par le dynamomètre.	MOYENNE DES EFFORTS.	RÉSISTANCE PAR TONNE effective.	RÉSISTANCE PAR TONNE après correction de la gravité.	VITESSE A L'HEURE.	MOYENNE DES VITESSES.	TRAVAIL EN CHEVAUX.	MOYENNE DU TRAVAIL.	OBSERVATIONS.
			tonnes.			kilogr.	kil.	kil.	kil.		kil.	chev.		
90		Rayon minimum des courbes 400 mètres.	233	16 wagons (tous graissés à l'huile.)	Un peu de neige et de vent. $t = +4$.									Entre les poteaux 87 et 86 la limite supérieure des oscillations de la courbe correspondait à 5,200 kilogrammes.
89 500						3530				12.1		159		
89	R. 15 millim.					4590				15.3		258		
88 500	—					4190				17.7		275		
88	—					4080				19.0		286		
87 500	—					4110				19.3		293		
87	R. 9 et 15 mill.					3700				20.3		278		
86 500	R. 18 millim.					4280				15.3		242		Dépense d'eau de Vielsalm à Gouvy 1,980 litres.
86 250	—					4730	4250	18.24	2.74	14.7	16.8	205	263	
86	—					4780				13.6		242		
85 500	R. 15mill,5.					4350				»		»		La machine brûle des briquettes.
85	—					4170				»		»		
84 500	—					4120				18.2		272		
84	—					4230				18.1		285		
83 500	—					4220				15.5		249		Pression dans la chaudière, 9 atmosphères.
83	—					4210				17.9		280		

Les efforts calculés, comme nous l'avons dit, sont inscrits en regard des poteaux correspondants. Lorsque le profil a été à peu près constant sur un long parcours, lorsque la vitesse a elle-même peu varié, on peut calculer :

1° L'effort moyen;

2° La vitesse moyenne;

3° Le travail moyen de traction.

Connaissant la charge brute du train en tonnes, on en déduit la résistance moyenne effective par tonne.

Sur la feuille que nous donnons comme exemple, on voit que la résistance moyenne effective par tonne a été de $18^k,24$. Or, la rampe moyenne était de $15^{mill},50$; donc la résistance moyenne, corrigée de la gravité, est de $2^k,74$ par tonne.

Nous avons expérimenté les trains tels qu'ils se présentaient en service, sans qu'on fît de *trains spéciaux d'expérience*. Nous voulions surprendre, pour ainsi dire, *sur le fait*, les circonstances ordinaires du service. Au point de vue purement technique, il est certain qu'il y aurait plus grande facilité, pour l'expérimentateur, à se faire composer des trains spéciaux réunissant telles et telles conditions de chargement, de vitesse ou de graissage, mais cela serait fort difficile à réaliser dans l'exploitation journalière d'une compagnie.

Les résultats ont été réunis dans plusieurs tableaux (tableaux I à X). Les tableaux I à V inclus donnent ce qui concerne les trains de marchandises; le tableau VI est pour les trains mixtes; les tableaux VII à X sont pour les trains de voyageurs. Le parcours total expérimenté est de :

1360	kilomètres	en trains de	marchandises,
451	»	»	mixtes,
1601	»	»	de voyageurs,

ce qui fait 3412 kilomètres pour l'ensemble de l'expérimentation.

Le nombre total des trains est de 139,

dont	54 trains de voyageurs,
	9 trains mixtes;
	76 trains de marchandises.

EXPLICATION DES TABLEAUX DE RÉSISTANCE DES TRAINS.

Tableaux I à VI, concernant les trains de marchandises et mixtes[1].

Une feuille semblable au tableau n° 5 a été établie pour chaque train.

1° Colonne intitulée *Nombre de kilomètres expérimentés.*

1. Voir, à la fin, les tableaux I à X.

Le nombre de kilomètres inscrits dans cette colonne est de 6 pour le train (E) 74, qui se trouve le dernier du tableau V; ce nombre correspond aux accolades du tableau 5, et non pas au parcours entier du train.

Nous avons donc négligé, sur le parcours total des trains expérimentés, une certaine fraction qui, dans quelques cas, a été considérable.— Nous savons, en effet, qu'on ne peut faire entrer dans le calcul des moyennes les portions du parcours où la voie est trop accidentée, ou bien encore où la vitesse a été trop variable. Il faut, pour l'exactitude des calculs, que l'effort de traction ait été continu d'un bout à l'autre de la période, et même à peu près uniforme. Ces conditions ont été réalisées sur tous les parcours kilométriques inscrits dans la colonne.

2° Colonne intitulée *Charge brute du train.*

La charge brute du train se compose de deux éléments :

Le poids mort des wagons et leur charge utile : le poids mort était obtenu par le relevé des tares; la charge utile était donnée exactement par les feuilles des chefs de train.

3° Colonne intitulée *Profil de la voie.*

L'inclinaison est absolument constante, ou bien elle a varié dans des limites étroites; dans ce dernier cas, le chiffre inscrit dans la colonne est une moyenne; c'est le cas du train (E) 74.

4° Colonnes intitulées *Effort de traction*, *effort par tonne* (absolu).

L'effort de traction correspond à la moyenne des ordonnées de la courbe dynamométrique; l'effort f par tonne, absolu ou effectif, s'obtient en divisant l'effort de traction R par le poids brut du train en tonnes; c'est le cas du tableau n° 5.

Cependant, s'il y a une correction à faire, pour tenir compte d'une accélération positive ou négative (Voir note A, page 767), l'effort absolu par tonne f se déduit encore de l'effort de traction R relevé sur le diagramme, mais il ne s'en déduit plus aussi simplement que tout à l'heure.

5° Colonne intitulée *Effort par tonne corrigé*, c'est-à-dire après correction de la gravité.

Nous établirons plus loin que le coefficient de résistance sur une rampe d'inclinaison i est égal à

$$f + i,$$

c'est-à-dire que f étant la résistance par tonne d'un train donné en palier, si ce train vient à aborder une rampe d'inclinaison i, sans que sa vitesse ni aucune des conditions de traction aient changé, la résistance par tonne sur la rampe devient

$$f + i,$$

i étant le nombre de millimètres de la tangente de l'inclinaison par mètre.

Pour rendre comparables entre eux les trains expérimentés sur des profils différents, et éliminer la part de la gravité, nous avons dans chaque cas retranché i de la résistance absolue, de sorte que la dernière colonne donne les valeurs de f en palier.

Passons aux *tableaux VII à X, concernant les trains de voyageurs*[1].

Nous n'avons à donner pour ces tableaux que deux explications spéciales :

1° Le calcul de la charge utile des trains s'est fait en relevant sur les feuilles de service le poids des bagages et messageries, et en ajoutant le poids des voyageurs, qu'on évaluait en les comptant et en admettant 70 kilogr. par tête (ce n'est pas trop pour tenir compte des colis à la main).

2° On ne s'est pas contenté de calculer la résistance par tonne, comme pour les trains de marchandises; on a, de plus, calculé la résistance par voiture : cela est très-utile pour les trains de voyageurs; le poids brut du véhicule varie entre des limites bien moins écartées que dans les trains de marchandises; les véhicules sont tous à caisses couvertes, reçoivent tous l'action résistante de l'air, et, par conséquent, absorbent une part à peu près égale de la résistance totale du train.

ÉTUDE DES TRAINS DE MARCHANDISES.

Les expériences présentées dans les tableaux I à V se sont étendues entre les limites suivantes :

1° Le nombre de machines employées à la remorque des trains a été de une ou deux; le nombre des essieux accouplés a été de deux, trois ou quatre par machine; le poids adhérent a varié de 20 tonnes à 46 tonnes;

2° La charge brute des trains a varié de 152 à 571 tonnes; le nombre des véhicules par train a varié de 12 à 56; il y a eu des trains de matériel absolument vide, complétement chargé et incomplétement chargé;

3° La proportion des wagons plats[2] a varié de 0 à 97 p. 100; la proportion des wagons graissés à l'huile, de 2 à 100 p. 100;

4° L'inclinaison de la voie a varié entre une pente de 1 millième et une rampe de 20 millièmes; le rayon minimum des courbes est descendu à 400 mètres;

1. Voir, à la fin, les tableaux VII à X.

2. Nous avons compris sous le nom de wagons plats tous ceux qui n'ont pas une caisse ermée comme les voitures à voyageurs.

5° Les températures ont oscillé entre —4° et +26° centigrades. Il y a eu des temps calmes, du vent faible et du vent fort, des temps secs, des temps de pluie, de brouillard et de neige;

6° La vitesse moyenne de marche a oscillé entre 10 kilomètres et 39 kilomètres à l'heure.

Voilà pour les données.

Quant aux résultats, voici entre quelles limites ils ont été compris :

1° L'effort de traction a varié de 825 à 4690 kilogr. (en laissant de côté les cas de double traction);

2° La résistance absolue par tonne a varié de 2,74 à 22,18 kilogr., suivant le profil;

3° Le coefficient de résistance en palier, ou ramené au palier, a varié de 2,21 à 8,60 kilogr., suivant la vitesse et l'état de l'atmosphère.

Les tableaux n°s 6 et 7 sont tirés des tableaux I à V et groupent les trains qui ont rencontré les mêmes circonstances de traction.

Dans ces deux tableaux, les circonstances de voie et de vitesse sont les mêmes.

On voit, dans le second (n° 7), que les coefficients de résistance sont plus grands que ceux du premier.

Cette différence est due à plusieurs causes:

1° A la faiblesse du poids utile;

2° Aux conditions atmosphériques (vent, gelée, etc.).

On a dans le tableau n° 6 (page 723) :

Pour une vitesse de 17 à 26 kil. $f = 3^k,15$
Pour une vitesse de 26 à 32 $f = 3,95$

Ce qui donne, pour un train dans de bonnes conditions de charge poids moyen par wagon $\geqq$ 8000 kil., et pour une vitesse moyenne de service, en palier $f = 3^k,55$.

Dans le tableau n° 7 (page 724), on trouve pour cette même vitesse moyenne de service :

Temps calme, gelée, bonne charge utile.	$f = 5^k,09$
» » » faible charge utile.	$f = 6,26$
Vent, bonne charge utile.	$f = 5,06$
» faible charge utile.	$f = 5,87$
Temps calme, faible charge utile.	$f = 4,87$

Plus la charge utile est faible, et plus le nombre d'essieux est grand pour un même tonnage brut. On voit combien cette cause influe sur le coefficient de traction, même sans que la voie renferme de courbes de rayon inférieur à 1000 mètres.

ÉTUDE DES TRAINS MIXTES.

Voici les limites entre lesquelles se sont étendues les expériences consignées dans le tableau VI :

1° Le nombre des machines a été de une ou deux, le nombre des essieux accouplés de deux ou trois par machine; le poids adhérent de 20 à 27 tonnes;

2° La charge brute des trains a varié de 120 à 239 tonnes; le nombre des véhicules par train a été de 14 à 30;

3° La proportion des wagons plats a été de 0 à 75 p. 100; la proportion des wagons graissés à l'huile n'a guère dépassé 15 p. 100;

4° L'inclinaison de la vóie a varié, entre des limites peu étendues, d'une pente de $0^{mill},40$ à une rampe de $3^{mill},50$; le rayon minimum des courbes a été de 1000 mètres;

5° La vitesse moyenne de marche a oscillé entre 25 kilomètres et 52 kilomètres à l'heure. Cette dernière vitesse est évidemment bien supérieure à la vitesse réglementaire des trains mixtes; mais quand les vitesses ont atteint des valeurs aussi élevées, c'est que les trains avaient du retard qu'il fallait regagner.

Le tableau 8 (page 726) groupe les trains mixtes qui ont rencontré les mêmes circonstances de traction.

Dans de bonnes conditions de voie, de temps et de chargement, et à leur vitesse moyenne de 34 à 44 kil., ces trains ont donné un coefficient moyen

$$f = 4^k,67.$$

C'est celui qui correspond au coefficient moyen

$$f = 3^k,55$$

que nous avons trouvé pour les trains de marchandises à la vitesse moyenne de 20 à 30 kilomètres.

Beau temps, mauvaise charge utile . . . . . . $f = 5^k,48$
Vent, bonne charge utile. . . . . $f = 5,62$

ÉTUDE DES TRAINS de VOYAGEURS.

Les expériences contenues dans les tableaux VII à X se sont étendues entre les limites suivantes :

1° Le nombre de machines a été de une ou deux; le nombre des essieux accouplés au plus de deux par machine; le poids adhérent de 9,800 à 22,000 kilogr.;

2° La charge brute des trains a varié de 30 à 116 tonnes, et le nombre de véhicules par train de 5 à 20;

Tableau n° 6. — Traction des trains de marchandises.

DÉSIGNATION DU TRAIN.	NOMBRE de wagons.	POIDS BRUT total.	POIDS BRUT par wagon.	TEMPÉRATURE	PROPORTION des wagons plats.	PROPORTION des wagons graissés à l'huile.	VITESSE à l'heure.	RÉSISTANCE par tonne corrigée de la gravité.	OBSERVATIONS.
		tonnes.	kilogr.				kilom.	kilogr.	
199. Du 20 juin 1862.	53	567	10700	+ 14°	»	»	20	3.12	Tous ces trains ont réalisé les conditions suivantes :
62. Du 27 février 1863.	28	306	11000	+ 13°	14 0/0	43 0/0	25	3.14	$i < 3$ millimètres.
40. 62. Du 28 avril 1864.	60	509	8500	+ 18°	»	»	26	3.20	$R \overline{\overline{>}}$ 1000 mètres.
66. Du 31 août 1864.	34	332	9700	»	25 0/0	11 0/0	17	3.14	$t > 5°$.
							Moyenne.	3.15	Poids brut du wagon, > 8000 kilogr.
567. Du 27 juin 1862.	27	221	8200	+ 22°	»	»	29	4.43	Vent insensible.
562. Du 15 juin 1862.	33	301	9100	+ 20°	»	»	29	4.32	
64. Du 19 mars 1863.	29	321	11100	+ 6°	50 0/0	14 0/0	28	4.01	
62. Du 27 févr. 1863.	28	306	11400	+ 13°	14 0/0	43 0/0	31	3.18	
78. Du 17 mars 1864.	46	474	10300	+ 14°	»	»	31	3.98	
88. Du 18 mars 1864.	26	249	9500	+ 12°	45 0/0	»	29	4.05	
78. Du 12 avril 1864.	28	300	10700	+ 12°	28 0/0	71 0/0	32	4.33	
78. Du 12 avril 1864.	30	326	10900	+ 18°	30 0/0	71 0/0	29	3.54	
78. Du 13 avril 1864.	55	536	9700	+ 19°	36 0/0	»	31	4.41	
78. Du 13 avril 1864.	55	536	9700	+ 19°	36 0/0	»	31	3.54	
66. Du 31 août 1864.	32	296	9200	»	25 0/0	11 0/0	30	3 71	
							Moyenne.	3.95	
							Moyenne générale.	3.55	

Tableau N° 7. — Traction des trains de marchandises.

Trains à traction difficile pour causes diverses.

DÉSIGNATION DU TRAIN.	NOMBRE de wagons.	POIDS BRUT. total.	POIDS BRUT. par wagon	CIRCONSTANCES ATMOSPHÉRIQUES.	température. degrés.	PROPORTION des wagons plats.	PROPORTION des wagons graissés à l'huile.	VITESSE à l'heure.	RÉSISTANCE par tonne corrigée	MOYENNE des coefficients.
		tonnes.	kil.			p. 100.	p. 100.	km.	kil.	kil.
85. Du 22 février 1863.	37	281	7600	Brouill., temps calme.	T — 3	16	»	25	4.76	
85. Du 22 février 1863.	37	281	7600	Brouill., temps calme.	T — 2	16	»	25	5.23	
88. Du 13 février 1865.	25	216	8600	Temps calme.	T — 2	»	»	31	5.58	5.09
88. Du 13 février 1865.	25	216	8600	Temps calme.	T — 2	»	»	33	4.80	
61. Du 14 février 1865.	39	206	5400	Temps calme.	T — 3	65	10	26	6.40	
75. Du 13 février 1865.	38	175	4600	Temps calme.	T — 3	80	25	33	7.27	6.26
85. Du 27 février 1863.	37	249	6700	Temps calme.	T — 2	30	3	25	4.88	
85. Du 27 février 1863.	39	267	6800	Temps calme.	T — 1	30	3	27	5.37	
91. Du 13 avril 1864.	40	338	8400	Vent.	T + 7	»	»	28	4.78	
91. Du 13 avril 1864.	40	338	8400	Vent.	T + 10	»	»	27	5.14	
91. Du 13 avril 1864.	38	323	8500	Vent.	T + 10	»	»	26	5.92	
91. Du 13 avril 1864.	38	323	8500	Vent.	T + 10	»	»	27	5.40	5.05
91. Du 13 avril 1864.	38	323	8500	Vent.	T + 12	»	»	28	5.89	
66. Du 7 avril 1864.	34	329	9600	Vent.	T +	60	»	24	4.68	
78. Du 17 mars 1864.	47	478	10200	Vent.	T + 14	»	»	20	4.82	
89. Du 14 avril 1864.	44	240	5400	Vent.	T + 8	66	9	30	6.03	
89. Du 14 avril 1864.	44	240	5400	Vent.	T + 8	66	9	27	6.20	
89. Du 14 avril 1864.	48	267	5500	Vent.	T + 10	66	9	20	7.73	
80. Du 14 avril 1864.	48	267	5500	Vent.	T + 10	66	9	27	7.60	
89. Du 14 avril 1864.	45	245	5400	Vent.	T + 10	66	9	26	7.46	
89. Du 14 avril 1864.	45	243	5400	Vent.	T + 12	66	9	28	6.83	
[illegible]. Du 14 avril 1864.	[illegible]	[illegible]	5100	Vent.	T + 18	66	9	31	7.90	

OBSERVATIONS.

Tous les trains du tableau ont réuni les conditions suivantes :

$i < 3$ millimètres.

$R \geqq 1000$ mètres.

$V < 35$ kilomètres.

Pour calculer les moyennes de la dernière colonne, on n'a compté qu'un coefficient par train, à moins qu'un même train n'ait présenté des circonstances très-variables de traction.

Dans ce cas, un train peut compter pour plusieurs coefficients dans le calcul de la moyenne.

... mars 1864.	[illegible]	264	6900	Vent.	T + 11	30	8	28	4.79	
89. Du 18 mars 1864.	38	264	6900	Vent.	T + 11	30	8	18	5.94	
89. Du 18 mars 1864.	38	264	6900	Vent.	T + 11	30	8	26	5.92	5.87
89. Du 18 mars 1864.	37	258	6900	Vent.	T + 11	30	8	32	6.15	
91. Du 17 mars 1864.	26	169	6500	Vent.	T + 5	»	»	24	6.93	
91. Du 17 mars 1864.	26	169	6500	Vent.	T + 5	»	»	25	7.68	
91. Du 17 mars 1864.	25	160	6400	Vent.	T + 8	»	»	30	7.87	
563. Du 14 juin 1862.	34	238	7000	Vent.	T + 15	»	»	24	4.55	
564. Du 24 juin 1862.	30	180	6000	Vent.	T + 18	»	»	24	5.06	
564. Du 24 juin 1862.	41	210	5100	Vent.	T + 18	»	»	20	5.16	
564. Du 24 juin 1862.	41	210	5100	Vent.	T + 18	»	»	28	6.45	
3/64. Du 22 juin 1864.	49	309	6300	Vent.	T + 18	50	»	24	4.82	
83. Du 6 avril 1864.	51	298	5800	Temps calme.		40	»	31	5.06	
83. Du 6 avril 1864.	44	244	5500	Temps calme.		40	»	26	4.93	
83. Du 6 avril 1864.	41	226	5500	Temps calme.		40	»	25	5.24	
77. Du 6 déc. 1862.	30	189	6300	Temps calme.	T + 12	18	»	32	5.20	
77. Du 6 déc. 1862.	28	172	6100	Temps calme.	T + 12	18	»	36	5.70	
562 Du 25 juin 1862.	28	196	7000	Temps calme.	T + 22	»	»	28	6.00	
81. Du 11 avril 1864.	43	254	5900	Temps calme.	T + 12	30	5	25	5.43	
81. Du 11 avril 1864.	43	254	5900	Temps calme.	T + 12	30	5	23	5.53	
81. Du 1er sept. 1864.	52	318	6100	Temps calme.	T + 25	40	7	29	3.74	
81. Du 1er sept. 1864.	49	299	6100	Temps calme.	T + 25	40	7	34	4.34	
75. Du 31 août 1864.	42	307	7300	Temps calme.	T + 20	14	7	20	4.19	4.87
75. Du 31 août 1864.	42	307	7300	Temps calme.	T + 20	14	7	27	3.83	
75. Du 31 août 1864.	41	297	7200	Temps calme.	T + 20	14	7	14	4.15	
75. Du 31 août 1864.	40	273	6800	Temps calme.	T + 20	14	7	30	3.41	
75. Du 31 août 1864.	41	264	6400	Temps calme.	T + 20	14	7	24	4.54	
81. Du 17 juin 1864.	55	336	6100	Temps calme.	T + 21	27	»	17	3.22	
40/69. Du 29 av. 1864.	31	184	5900			»	»	24	4.77	
83. Du 16 mars 1864.	29	196	6700	Temps calme.	T + 6	31	7	22	5.00	
83. Du 16 mars 1864.	29	196	6700	Temps calme.	T + 6	31	7	26	5.14	
83. Du 16 mars 1864.	37	279	7500	Temps calme.	T + 9	25	5	33	4.12	
85. Du 26 nov. 1862.	33	207	6200	Temps calme.	T + 5	26	13	30	5.70	
85. Du 26 nov. 1862.	33	207	6200	Temps calme.	T + 5	26	13	26	6.00	
85. Du 26 nov. 1862.	33	207	6200	Temps calme.	T + 5	26	13	29	5.89	

Tableau n° 8. — Traction des trains mixtes.

(*Vitesse comprise entre 34 et 44 kilomètres.*)

$i < 3$ millimètres. Rayon des courbes $\overline{\overline{>}}$ 1000 mètres. $t > 0°$.

DÉSIGNATION DU TRAIN.	NOMBRE de wagons.	POIDS BRUT total.	POIDS BRUT par wagon.	TEMPÉRATURE.	PROPORTION des wagons plats.	PROPORTION des wagons graissés à l'huile.	VITESSE à l'heure.	RÉSISTANCE par tonne corrigée de la gravité.	OBSERVATIONS.
		tonnes.	kilogr.				kilom.	kilogr.	
100. Du 25 avril 1862.	24	239	9950	»	0	»	36	4.64	Poids brut du wagon plus grand que 8000 kilogr.
100. Du 25 avril 1862.	25	227	9080	»	0	»	38	4.60	
38. Du 5 déc. 1862.	22	200	9050	»	0	»	37	4.67	
38. Du 16 déc. 1862.	18	174	9650	+ 1°	»	»	39	4.43	
46. Du 19 nov. 1864.	14	120	8550	+ 5°	0	»	44	5.18	
							Moyenne.	4.67	Beau temps.
100. Du 16 avril 1862.	28	207	7380	»	»	»	34	5.22	
100. Du 16 avril 1862.	25	190	7580	»	»	»	42	5.75	
							Moyenne.	5.48	Faible charge utile. Beau temps.
100. Du 25 nov. 1862.	27	212	7850	+ 4°	37 0/0	11 0/0	35	5.45	
100. Du 25 nov. 1862.	24	197	8200	+ 4°	40 0/0	15 0/0	34	5.12	
100. Du 25 nov. 1862.	24	197	8200	+ 4°	40 0/0	15 0/0	35	5.54	
46. Du 15 nov 1864.	23	217	9450	+ 9°	75 0/0	»	42	5.98	
46. Du 17 nov. 1864.	19	172	9050	+ 11°	0	»	36	5.78	
46. Du 17 nov. 1864.	19	172	9050	+ 11°	0	»	42	5.66	
							Moyenne.	5.62	Vent. Bonne charge utile.

3° Toutes les voitures étaient à caisse fermée ; la proportion des voitures graissées à l'huile a été de 7 p. 100 à 50 p. 100 ;

4° L'inclinaison de la voie a varié depuis la pente de 0^{mill},75 jusqu'à la rampe 10 mill. ; le rayon minimum des courbes a été de 700 mètres.

Quant aux résultats, voici entre quelles limites ils ont été compris :

1° L'effort de traction a varié de 505 à 1400 kilogr. pour une seule machine ;

2° L'effort absolu par voiture a varié de 32 à 131 kilogr. ; l'effort absolu par tonne a varié de 5,08 à 20,39 kilogr. ;

3° L'effort corrigé de la gravité a varié :

Par voiture, de 21 à 131 kilogr. ;
Par tonne, de 3,75 à 20,26 kilogr.

Le tableau n° 9 groupe les coefficients fournis par les trains longs.

Le nombre de voitures a été de 14 à 17. Voici la valeur des coefficients moyens :

Pour V = 45 kil. . . . . f = 5^k,98
Pour V = 52 » . . . . f = 6, 53
Pour V = 60 » . . . . f = 8, 05

Le tableau n° 10 (page 729) concerne les trains courts.

Le nombre de voitures a été de 8 à 10. Voici la valeur des coefficients moyens :

Pour V = 46 kil. . . . . f = 7^k,21
Pour V = 58 » . . . . f = 9, 57
Pour V = 76 » . . . . f = 14, 55

Nous observerons que ce dernier coefficient 14,55 provient d'un train express, et que les voitures des express présentent en moyenne plus de surface à l'air que les autres. Cette cause s'est donc ajoutée à l'accroissement de la vitesse pour grossir le coefficient.

TRAINS DE VOYAGEURS A TRACTION DIFFICILE.

Dans le tableau n° 11 (page 729), nous avons réuni quelques trains à traction difficile, soit à cause du vent, soit à cause du graissage.

Le tableau n° 11 s'applique à des trains ayant plus de 10 voitures ; il donne le coefficient moyen de 10^k,84 pour une vitesse moyenne de 47 kil. à l'heure.

Ces trois tableaux 9, 10 et 11 sont extraits des tableaux généraux.

Tableau n° 9. — Traction des trains de voyageurs.

$i < 3$ millimètres. R $\overline{\overline{>}}$ 1000 mètres. $t > 0°$. $n > 10$. Temps calme.

Désignation du train.	Nombre de wagons.	Poids brut total.	Proportion des wagons graissés à l'huile.	Température.	Vitesse à l'heure.	Moyenne des vitesses.	Résistance par tonne en palier.	Moyenne des résistances.	Résistance moyenne par voiture.	Moyenne des résistances par voiture.
		tonnes.			kilom.	kilom.	kilogr.	kil.	kil.	kil.
35. Du 27 avril 1862.	14	90	»	+14°	47	45	6.24	5.98	40	37
36. Du 26 mai 1862.	17	101	»	22°	46		5.54		33	
40. 26. Du 28 avril 1866.	17	101	30 0/0	20°	44		6.43		38	
44. Du 8 juin 1866.	17	107	17 0/0	25°	45		5.73		36	
35. Du 27 avril 1862.	14	90	»	14°	54	52	6.95	6.53	44	40
35. Du 1er mai 1862.	16	101	»	»	50		6.03		38	
36. Du 6 mai 1862.	17	101	»	22°	54		6.03		35	
35. Du 7 mai 1862.	16	106	»	17°	50		6.71		44	
40. 23. Du 28 avril 1866.	17	101	30 0/0	24°	52		6.54		38	
35. Du 4 juin 1866.	17	105	»	19°	54		6.95		43	
36. Du 30 avril 1862.	15	91	»	»	58	60	8.03	8.05	49	48
35. Du 19 nov. 1864.	17	98	»	8°	59		7.93		45	
35. Du 4 juin 1866.	17	105	»	19°	63		8.16		50	

Tableau n° 10. — Traction des trains de voyageurs.

$i < 3$ millim. $R \geqq 1000$ mètres. $t > 0^\circ$. Temps calme. $n \leqq 10$.

DÉSIGNATION DU TRAIN.	NOMBRE de wagons.	POIDS BRUT total.	PROPORTION des wagons graissés à l'huile.	TEMPÉRATURE.	VITESSE à l'heure.	MOYENNE des vitesses.	RÉSISTANCE par tonne en palier.	MOYENNE des résistances.	RÉSISTANCE moyenne par voiture.	MOYENNE des résistances.
		tonnes.			kilom.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
40. 35. Du 24 avril 1866.	8	50	25 0/0	+ 17°	45		7.44		45	
40. 35. Du 26 avril 1866.	9	56	44 0/0	20°	41	46	7.27	7.21	45	44
2. 16. Du 6 juin 1866.	10	58	30 0/0	23°	46		7.56		44	
2. 16. Du 7 juin 1866.	10	62	30 0/0	27°	51		6.59		41	
40. 35. Du 24 avril 1866.	8	50	25 0/0	17°	65		9.80		58	
40. 32. Du 25 avril 1866.	9	55	33 0/0	15°	60	58	9.10	9.57	55	58
2. 16. Du 5 juin 1866.	0	61	10 0/0	23°	61		9.80		60	
33. Du 14 mars 1866.	8	53	»	2°	76	76	14.55	14.55	96	96

Tableau n° 11. — Traction des trains de voyageurs.

Trains à traction difficile pour causes diverses.

DÉSIGNATION DU TRAIN.	NOMBRE de wagons.	POIDS BRUT total.	CIRCONSTANCES ATMOSPHÉRIQUES.	PROPORTION des wagons graissés à l'huile.	VITESSE à l'heure.	RÉSISTANCE CORRIGÉE par tonne.	RÉSISTANCE CORRIGÉE par voiture.	OBSERVATIONS.
		tonnes.			kil.	kil.	kil.	
31. Du 21 déc. 1865.	12	65	T = + 5°.	»	55	11.80	66	Tous les trains du tableau ont réuni les conditions suivantes :
31. Du 21 déc. 1865.	12	65	T = + 5°.	»	48	11.40	66	$i < 3$ millimètres.
32. Du 12 mars 1866.	12	79	Temps sec; un peu de vent. T = + 8°.	33 0/0	51	9.55	63	$R \geqq 1000$ mètres.
32. Du 15 mars 1866.	12	72	id. id. T = + 8°.	25 0/0	43	11.40	68	$t > 0^\circ$.
36. Du 10 déc. 1862.	20	116	Vent, pluie. T = + 7°.	»	43	9.35	54	$n > 10$.
20. Du 3 août 1866.	12	73	Un peu de vent; temps sec. T = + 24°.	42 0/0	45	10.19	61	
40. 35. Du 24 avril 1866.	12	70	Temps sec, vent. T = + 17°.	17 0/0	45	12.21	71	
				Moyennes.	47	10.84	64	

RÉSISTANCE DES TRAINS AU DÉMARRAGE.

Jusqu'à présent, nous avons considéré la résistance des trains en mouvement; mais il est essentiel aussi de connaître la résistance au démarrage.

Au départ, la courbe dynamométrique présente une ordonnée maxima à laquelle correspond la force maxima que la machine a exercée sur la barre d'attelage pour mettre le train en mouvement.

Les tableaux nos 12 et 13 donnent les résultats d'un grand nombre de démarrages; le tableau n° 12 concerne les trains de voyageurs; le tableau n° 13 concerne les trains de marchandises.

On voit dans le tableau n° 13 que la moyenne des démarrages pour les nombre de trains de marchandises a exigé un effort de 13 kilogrammes par tonne.

L'effort est descendu à 8, et même à 6 kilogrammes par tonne, pour des trains fort longs, de 50 à 60 wagons; le fait s'explique par le démarrage successif de chacun des wagons.

On voit dans le tableau n° 12 que la moyenne des démarrages pour les trains de voyageurs a exigé un effort de 22 kilogrammes par tonne, soit 134 kilogrammes par voiture.

Nous ne parlons ici que des démarrages lents, laissant de côté les démarrages brusques, qui exagèrent les efforts.

On peut dire que le démarrage des trains de voyageurs exige un effort par tonne deux fois plus grand environ que le démarrage des trains de marchandises. Cela tient à ce que, dans les premiers, les attelages sont plus serrés, et que la mise en vitesse doit y être plus rapide.

TABLEAU N° 12.

Expériences dynamométriques sur le démarrage des trains de voyageurs.

NOTA. La voie est en palier ou inclinée de moins de 1 millimètre.

INDICATION DU TRAIN.		CHARGE BRUTE en tonne.	NOMBRE DE VOITURES.	NOMBRE PROPORTIONNEL de voitures graissées à l'huile.	TEMPÉRATURE.	EFFORT DE DÉMARRAGE total.	EFFORT DE DÉMARRAGE par tonne.	EFFORT DE DÉMARRAGE par voiture.	OBSERVATIONS.
Nos	Dates.	t.		p. 100	degrés		kil.	kil.	
17.	Du 11 avril 1864.	62	10	»	+ 15	1230	24	123	
34.	Du 27 avril 1864.	63	11	»	+ 13	1150	18	104	
35.	Du 17 nov. 1864.	82	14	»	+ 8	2000	24	143	
31.	Du 21 nov. 1864.	85	18	»	+ 8	1920	23	107	
31.	Du 4 mai 1865.	70	12	8	+ 27	1880	26	156	
2.16.	Du 20 juillet 1865.	78	12	»	+ 20	1850	24	154	
1.43.	Du 19 juillet 1865.	64	10	10	+ 17	1140	18	114	Machines à roues libres
2.43.	Du 19 juillet 1865.	83	13	»	+ 17	1580	19	121	
2.16.	Du 21 juillet 1865.	97	15	7	+ 29	1960	20	130	
2.43.	Du 21 juillet 1865.	77	13	15	+ 20	1810	24	139	
1.38.	Du 21 juillet 1865.	40	7	»	»	1160	29	166	Machines à roues libres
31.	Du 21 déc. 1865.	73	14	»	+ 5	2150	29	153	
32.	Du 12 mars 1866.	79	12	33	+ 8	1840	23	153	
33.	Du 13 mars 1866.	52	8	»	+ 6	1080	21	135	Machines à roues libres
32.	Du 13 mars 1866.	88	14	28	+ 7	1730	20	124	
33.	Du 14 mars 1866.	53	8	»	+ 2	1090	21	136	Machines à roues libres
32.	Du 14 mars 1866.	78	12	25	+ 6	1280	16	106	
33.	Du 15 mars 1866.	52	8	»	+ 2	1350	26	169	Machines à roues libres
32.	Du 15 mars 1866.	72	12	25	+ 8	1900	26	158	
40.35.	Du 24 avril 1866.	70	12	16	+ 17	1700	24	141	
40.32.	Du 25 avril 1866.	55	9	33	+ 15	1320	24	147	
40.35.	Du 26 avril 1866.	56	9	44	+ 20	1200	21	133	
40.34.	Du 27 avril 1866.	81	14	20	+ 26	2100	26	150	
40.23.	Du 28 avril 1866.	101	17	30	+ 24	1800	18	105	
41.26.	Du 28 avril 1866.	67	11	»	+ 20	1320	20	120	
40.26.	Du 28 avril 1866.	101	17	30	+ 20	1650	16	97	
35.	Du 4 juin 1866.	105	17	»	+ 19	1650	16	97	
2.13.	Du 5 juin 1866.	49	9	11	+ 20	1500	30	166	
2.16.	Du 5 juin 1866.	61	10	10	+ 23	1700	28	170	
2.43.	Du 6 juin 1866.	68	11	9	+ 18	1430	21	130	
2.16.	Du 6 juin 1866.	58	10	30	+ 23	1330	23	133	
1.16.	Du 7 juin 1866.	53	10	10	+ 25	1750	33	175	Machines à roues libres
44.	Du 8 juin 1866.	107	17	17	+ 25	2000	17	117	
					Moyenne génér.		22	134	

TABLEAU N° 13.

Expériences dynamométriques sur le démarrage des trains de marchandises.

Nota. La voie est en palier ou inclinée de moins de 1 millimètre.

DÉSIGNATION DU TRAIN.		CHARGE BRUTE en tonnes.	NOMBRE de wagons.	NOMBRE proportionnel de wagons graissés à l'huile.	TEMPÉRATURE	EFFORT DE DÉMARRAGE total.	EFFORT DE DÉMARRAGE par tonne.	OBSERVATIONS.
Nos	Dates.	t.		p. 100	degrés	kil.	kil.	
91.	Du 17 mars 1864.	160	25	»	+ 2	2800	11	
78.	Du 17 mars 1864.	478	47	»	+ 14	5220	11	Double traction.
88.	Du 18 mars 1864.	241	29	»	+ 12	3270	11	
89.	Du 18 mars 1864.	264	38	8	+ 11	3560	13	
83.	Du 6 avril 1864.	302	51	»	»	4020	13	
81.	Du 11 avril 1864.	254	43	5	+ 12	3880	15	
78.	Du 12 avril 1864.	300	28	3	+ 12	3740	13	
91.	Du 13 avril 1864.	338	40	»	+ 7	3550	10	
78.	Du 13 avril 1864.	534	55	»	+ 19	6600	12	Double traction.
89.	Du 14 avril 1864.	267	48	9	+ 8	3720	14	
88.	Du 14 avril 1864.	322	38	»	+ 19	4620	14	
40.69.	Du 28 avril 1864.	278	35	8	+ 20	3340	12	
66.	Du 15 avril 1864.	264	29	»	+ 20	3500	13	
40.62.	Du 28 avril 1864.	511	60	»	+ 18	3160	6	Double traction.
40.69.	Du 29 avril 1864.	184	31	»	»	3090	17	
81.	Du 17 juin 1864.	336	55	»	+ 21	4400	13	
1.67.	Du 20 juin 1864.	334	46	11	»	5550	17	
1.68.	Du 20 juin 1864.	245	32	8	»	3060	12	
1.68.	Du 21 juin 1864.	304	33	15	»	3750	12	
3.64.	Du 22 juin 1864.	298	45	»	»	4800	16	
1.67.	Du 6 juill. 1864.	269	41	12	+ 16	3040	11	
1.70.	Du 7 juill. 1864.	362	30	13	»	4100	15	
1.68.	Du 8 juill. 1864.	295	29	6	»	4340	14	
1.67.	Du 26 juill. 1864.	170	28	15	»	3020	18	
75.	Du 31 août 1864.	297	41	7	+ 20	2880	10	
66.	Du 31 août 1864.	332	34	25	»	3150	10	
81.	Du 1er sept. 1864.	315	52	7	+ 25	2620	8	Machine type n° 26.
75.	Du 13 févr. 1865.	175	38	25	— 3	2390	14	
61.	Du 14 févr. 1865.	206	39	10	— 3	2540	12	
78.	Du 14 févr. 1865.	185	22	10	— 1	3060	16	
2.65.	Du 20 juillet 1865.	255	35	20	+ 20	3250	13	
2.65.	Du 21 juillet 1865.	259	39	30	+ 25	3440	13	
74.	Du 9 janv. 1867.	370	41	»	»	4080	11	
1.64.	Du 14 janv. 1867.	204	21	»	»	3620	18	
					Moyenne génér.		13	

DEUXIÈME PARTIE.

ANALYSE DES RÉSISTANCES DIVERSES DES MACHINES.

En ce qui concerne les machines, une série d'expériences a été entreprise pour mesurer séparément la part de résistance due :

1° Au roulement des machines considérées comme véhicules ;

2° Au frottement de l'accouplement;

3° Au frottement des pistons, glissières, bielles motrices.

Pour cela, la machine à essayer, en feu et graissée, était remorquée *sans tender* derrière le wagon dynamomètre.

Le tableau n° 14 donne le résultat des expériences.

1° Pour une machine mixte toute montée (sans tender) :

$$V = 28^{km}, \quad f = 9^{k},60 ;$$

pour une machine à marchandises (sans tender) toute montée :

$$V = 28^{k}, \quad f = 12^{k},20.$$

2° Il est impossible de tirer aucune conclusion numérique sur la réduction de résistance due à la suppression de l'accouplement : nous n'avons opéré qu'en alignement; les bandages des roues étaient bien ronds; dans ces conditions, les frottements dus à l'accouplement de 2 ou 3 essieux sont une faible partie de la résistance totale. Si la voie ou les bandages étaient en mauvais état, si on marchait en courbes de faible rayon, il est certain que les résistances de l'accouplement seraient tout autres.

3° Quant à l'influence des pistons, bielles motrices et glissières, elle est bien accusée.

Pour les machines mixtes ou à marchandises, la résistance des pistons, bielles motrices et glissières est égale environ à 48 pour 100 de la résistance totale de la machine toute montée.

Les pistons de la Compagnie de l'Est sont du type dit *suédois;* le serrage donné aux segments est de $8^{m}/_{m}$ sur le diamètre.

Les résultats que nous venons de citer ne concernent que des machines roulant sans traîner. Si la machine fait un travail de traction, ses organes sont soumis à des pressions toutes différentes, et les diverses résistances ne sont plus les mêmes que si la machine roule à vide. (Voir notes D et H, pages 779 et 790.)

Nous tirons encore du tableau n° 14 une conséquence importante : c'est la résistance des machines réduites à l'état de véhicules, après la suppression des bielles motrices et d'accouplement. Cette résistance est en moyenne de $5^k,22$ pour les machines mixtes à la vitesse de 28 à 35 kilomètres, et $6^k,15$ pour les machines à marchandises à la vitesse de 24 à 27 kilomètres.

Pour les machines à quatre essieux couplés (démontées), à la vitesse de 6 à 10 kilomètres, nous avons trouvé $f = 11^k,00$.

Dans ce genre de machine, la résistance due au mécanisme est aussi égale à environ la moitié de la résistance totale. Ces puissantes machines à petite vitesse ont des résistances propres bien supérieures à celles des autres machines. Cela tient à ce qu'il y a plus de surfaces frottantes dans le mécanisme, des organes plus lourds et des roues plus petites.

CAUSES QUI PEUVENT FAIRE VARIER LES COEFFICIENTS DE RÉSISTANCE DES WAGONS.

De même que pour les machines, nous avons étudié pour les wagons ou voitures les différentes causes qui peuvent faire varier les coefficients de résistance.

En palier et en ligne droite, ces résistances se composent de deux éléments (abstraction faite des circonstances climatériques) :

1° Les frottements des roues;

2° La résistance due à l'air atmosphérique.

Si on opère à des vitesses très-faibles, le deuxième élément disparaît naturellement.

Faisant donc abstraction des résistances dues à l'air atmosphérique, nous avons étudié l'influence du graissage, du diamètre des fusées et de l'étendue des surfaces sur les frottements.

Appelant R la résistance d'un véhicule,
p son poids, moins les roues,
p' poids des roues,
d diamètre des fusées,
D diamètre des roues,
f' coefficient de roulement à la jante,
f'' coefficient de frottement de la fusée sur le coussinet,

on a :

$$\text{(E)} \qquad R = (p + p')f' + pf'' \times \frac{d}{D}.$$

Tableau n° 14. — Expériences dynamométriques sur la résistance des machines en mouvement
(sans le tender).

TYPE DE MACHINE.	NUMÉRO de la machine.	POIDS de la machine.	ÉTAT DU MÉCANISME.	Nombre de kilomètres expérimentés.	Vitesse à l'heure.	RÉSISTANCE moyenne totale.	RÉSISTANCE moyenne par tonne.	Fraction dont la résistance diminue lorsque le mécanisme est démonté.	OBSERVATIONS.
		kilog.			kilom.	kilog.	kilog.	pour 100.	
MIXTES, TYPE 14. 4 roues couplées. D = 1m68.	247	31300	Chaude, toute montée	6	27	300	9.58	»	
			Bielles motrices démontées	6	26	135	4.32	55	
		30700	— d'accouplement démontées. . .	8	32	267	8.69	11	
			— motrices et d'accoupl. démont.	5	28	139	4.52	54	
		31300	Chaude, toute montée	5	44	319	10.19	»	
			Bielles motrices démontées	7	38	141	4.50	56	
		30700	— d'accouplement démontées. . .	6	44	326	10.61	»	
			— motrices et d'accoupl. démont.	5	35	159	5.18	50	
	249	31700	Chaude, toute montée	5	30	305	9.63	»	
			Bielles motrices démontées	5	26	182	5.70	40	
		31400	— d'accouplement démontées. . .	13	30	456	14.60	»	Machine refroidie, graissage imparfait.
			— motrices et d'accoupl. démont.	5	28	176	5.60	42	
		31700	Chaude, toute montée	7	45	374	11.80	»	
			Bielles motrices démontées	5	36	193	6.09	48	
		31400	— motrices et d'accoupl. démont.	4	45	207	6.58	44	
MACHINES A MARCHANDISES. 6 roues couplées. Type n° 15. D = 1m300.	0.123	29700	Chaude, toute montée	12	27	370	12.40	»	
			Bielles motrices démontées	12	27	192	6.46	48	
			— d'accouplement démontées. . .	12	26	405	13.60	»	Machine refroidie, graissage imparfait.
			— motrices et d'accoupl. démont.	12	27	190	6.35	48	
	0.154	30000	Chaude, toute montée	12	29	360	12.00	»	
			Bielles motrices démontées.	10	27	200	6.66	44	
			— d'accouplement démontées. . .	13	27	324	10.80	10	
			— motrices et d'accoupl. démont.	10	24	179	5.96	50	

FROTTEMENT DANS UNE BOITE A HUILE.

Dans le tableau de la page 6, nous avons trouvé pour un wagon à caisse, graissé à l'huile, une résistance moyenne $R = 11$ kilogrammes ($p + p' = 5500$ kilog.), à une vitesse de 1 à 5 kilomètres. A cette vitesse, la résistance de l'air est négligeable, et on peut poser

$$\text{(E)} \qquad 11 = 5500 \times 0.001 + 3900 \times 0,075 f''.$$

(Dans le matériel de l'Est, $D = 1^{m}$, $d = 0^{m},075$, et on admet que $f' = 0,001$, d'après Wood.)

On tire de (E)

$$f'' = 0,018.$$

Tel est le coefficient de frottement dans une boîte à huile à graissage continu, pour une petite vitesse.

FROTTEMENT DANS UNE BOITE A GRAISSE.

D'après des expériences spéciales faites, en 1862, au chemin de fer de l'Est, le rapport entre la traction d'un wagon graissé à la graisse et celle d'un wagon graissé à l'huile est de 1.35 en moyenne. (Voir note K, page 799.)

L'équation (E) devient :

$$11 \times 1,35 = 5500 \times 0,001 + 3900 \times 0,075 \times f'';$$

d'où l'on tire

$$f'' = 0,032.$$

FROTTEMENT DANS LES BOITES D'UN TRAIN.

Prenant dans nos expériences des trains composés en grande partie de wagons graissés à l'huile et marchant à des vitesses ne dépassant pas 20 kilomètres, nous trouvons les résultats suivants :

$$(f' = 0,001).$$

Essai n°	189	$f = 2^{k},7$	d'où	$f'' = 0,026$
»	188	$f = 2,4$	»	$f'' = 0,021$
»	166	$f = 2,7$	»	$f'' = 0,026$
»	167	$f = 2,6$	»	$f'' = 0,025$
»	169	$f = 2,3$	»	$f'' = 0,020$
»	172	$f = 2,2$	»	$f'' = 0,019$

Pour un train n'ayant que 10 pour 100 de wagons graissés à l'huile, on a :

Essai n° 99 $f = 3^k.1$ d'où $f'' = 0{,}034$.

f'' frottement à la fusée est calculé au moyen de l'équation [E] ; où $R = f \times C$; C étant le poids brut par wagon exprimé en tonnes.

Les valeurs trouvées pour f'' concordent assez bien entre elles. (Voir le tableau n° 15.)

INFLUENCE DE LA CHARGE SUR LE FROTTEMENT DES FUSÉES.

Le poids brut moyen des wagons a été très-différent dans nos expériences, les coefficients f'' ont peu différé avec ces poids : on doit en conclure que le frottement des fusées est indépendant de la charge tant qu'on n'atteint pas la limite du grippage et tant qu'on est à l'abri de l'influence de l'atmosphère et des courbes.

FROTTEMENT DANS LES BOITES D'UN TENDER.

Pour un tender pesant 19,000 kilogrammes, à la vitesse de 25 à 30 kilomètres, nous avons trouvé $f'' = 0{,}043$. (*Boîtes à graisse.*)

FROTTEMENT DANS LES BOITES D'UNE MACHINE.

Pour une machine type 14 et 15 pesant 30,000 kilogrammes, à la vitesse de 25 à 30 kilomètres, on a $f'' = 0{,}052$. (*Graissage à l'huile et mécanisme démonté.*)

PRESSION PAR CENTIMÈTRE CARRÉ DE SURFACE FROTTANTE.

D'après les chiffres ci-dessus, si nous calculons la pression par centimètre carré de surface frottante, nous trouvons :

Pour les wagons chargés à 10 tonnes.	$17^k{,}90$
Pour les machines.	13 ,20
Pour le wagon chargé à 5 tonnes.	11 ,90

INFLUENCE DE L'ÉTENDUE DES SURFACES SUR LE FROTTEMENT DES FUSÉES.

La surface moyenne frottante dans les wagons est par fusée de

Tableau n° 15. — Calcul des frottements des fusées de wagons.

$R \overline{\overline{>}} 1000^m$. — $T > 10°$; pas de vent.

NUMÉRO DE L'EXPÉRIENCE.	PROPORTION des wagons graissés à l'huile.	VITESSE à l'heure.	COEFFICIENT de frottement total.	COEFFICIENT de frottement des fusées.	POIDS BRUT par véhicule.	OBSERVATIONS.
	pour 100.	kilomètres.			kilogrammes.	
N° 3. Tableau I.	»	19	0.0031	0.035	8250	Le coefficient de frottement des fusées est déduit du coefficient du frottement total, comme il est expliqué dans le texte.
10. — I.	»	20	0.0031	0.032	10700	
40. — II.	»	25	0.0031	0.033	10900	
42. — »	»	31	0.0029	0.030	10730	
59. — »	»	33	0.0034	0.038	10300	
99. — III.	»	22	0.0031	0.034	9420	
100. — »	8	23	0.0030	0.033	7950	
102. — »	»	26	0.0032	0.036	8480	
103. — »	»	17	0.0028	0.033	5940	
105. — »	»	17	0.0032	0.039	6120	
106. — »	»	10	0.0029	0.035	6030	
115. — IV.	»	19	0.0031	0.036	6280	
139. — »	»	15	0.0033	0.038	7900	
150. — »	11	17	0.0031	0.033	9750	
152. — »	11	19	0.0026	0.026	9420	
154. — V.	7	15	0.0031	0.037	6300	
156. — »	7	16	0.0031	0.038	5020	
163. — »	20	15	0.0031	0.036	7250	
	Moyennes.....	20	0.0031	0.035	»	

188 c.m.q.; dans les machines (type 14 et 15), elle est de 452 c.m.q. Il y a donc ici grande dissemblance entre les wagons et les machines.

Or, pour les wagons, nous avons trouvé. . . . . $f'' = 0{,}018$,
pour les machines. . . . . $f'' = 0{,}053$.

Le rapport de ces coefficients donne $\frac{18}{53} = 0{,}33$.

On obtient sensiblement la même valeur en prenant le rapport des surfaces élevées à la puissance $\frac{4}{3}$.

Il y a donc toujours avantage, au point de vue de la traction, à réduire la surface frottante à son minimum : mais avant tout, il est nécessaire de construire des essieux avec des fusées suffisantes pour éviter le grippage et ne pas rompre sous la charge.

Cette double considération, réduction des dimensions et résistance des fusées, a fait construire des essieux en acier fondu.

Les résultats obtenus n'ont pas été satisfaisants; l'acier fondu est cassant : on aura sans doute avantage à se servir de l'acier Bessemer, qui est plus doux que l'acier fondu et plus résistant que le fer.

Les principes que nous venons d'énoncer sont observés dans la construction des équipages de luxe, dans lesquels on réduit le diamètre des fusées jusqu'à $27^{m}/_{m}$.

FROTTEMENT DES FUSÉES DE WAGONS AU DÉMARRAGE.

Nous avons vu, page 6, que, pour un wagon graissé à l'huile, la résistance au démarrage était de 48 kilogrammes ($8^{k},70$ par tonne).

L'équation nous donne alors $f'' = 0{,}145$ pour le frottement des fusées au départ.

Nos expériences (tableau n° 13) nous ont montré que ce coefficient est à peu près le même pour le graissage à la graisse : tant que le train n'a pas roulé une cinquantaine de mètres, l'avantage de l'huile est moins marqué qu'en pleine marche, surtout si les températures sont très-supérieures à 0°. Cela tient probablement à la fluidité de l'huile qui abandonne en partie les surfaces frottantes pendant les stationnements.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LES RÉSISTANCES.

Avec des trains graissés à l'huile, l'influence de la température est inappréciable. L'avantage de l'huile sur la graisse, que nous avons cité page 736, doit s'appliquer à une température moyenne; en hiver, cet avantage est plus considérable.

L'addition d'une petite quantité d'huile de pétrole à l'huile ordinaire permet d'atteindre, sans qu'il y ait congélation, les plus basses températures qui puissent se rencontrer dans nos climats.

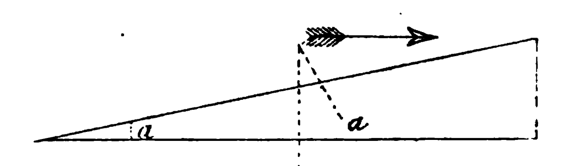
Le tableau n° 16 montre l'influence de la température sur la résistance des trains lubréfiés à la graisse : il divise en deux séries des trains ne contenant environ que 10 pour 100 de boîtes à l'huile et présentant les mêmes circonstances de voie, de chargement et de vitesse, par un temps calme.

1re série. Température de 0° à — 3°. . . . . . $f = 5,22$
2e série. Température de 15° à 20°. . . . . . . $f = 3,47$

Il y a augmentation de 50 pour 100 pour les basses températures.

INFLUENCE DES RAMPES SUR LES RÉSISTANCES.

L'équation (E) suppose qu'on opère en ligne droite et en palier : pour une voie en rampe, faisant un angle α avec l'horizon, elle devient :



$$R = \cos\alpha \left((p + p') f' + pf'' \frac{d}{D}\right) + (p + p') \sin\alpha.$$

Dans les limites des rampes existant sur les chemins de fer, $\cos\alpha$ est fort peu différent de l'unité, et $\sin\alpha$ peut être remplacé par $\tan\alpha$.

Appelant i la valeur de $\tan\alpha$ en millimètres, on a pour la résistance d'un wagon en ligne droite et en rampe :

$$\text{(F)} \qquad R = (p + p') f' + pf'' \frac{d}{D} + (p + p') i,$$

ou

$$R = (p + p') f + (p + p') i.$$

D'après des expériences anciennes, on a trouvé que la résistance R présentait une réduction considérable sur la valeur donnée par l'équation (F). Les résultats de nos travaux permettent d'assurer que cette équation est parfaitement rigoureuse.

Les expériences groupées dans le tableau n° 17 le démontrent. Les trains qui y sont portés ont été faits dans les mêmes conditions de chargement, de graissage, de courbure de la voie et d'atmosphère.

TABLEAU N° 16. — Influence de la gelée sur la traction.

Vent peu sensible. — Vitesse : 25 kilomètres à l'heure.

NUMÉRO de l'expérience.	PROPORTION des wagons graissés à l'huile.	TEMPÉRATURE.	RAYON MINIMUM des courbes.	POIDS BRUT par véhicule.	VITESSE à l'heure.	COEFFICIENT de traction.	OBSERVATIONS.
	pour 100.	degrés.	mètres.	kilog.	kilom.	kilog.	
36	3	— 2	1500	6730	25	4.88	On voit que les deux séries de trains ci-jointes sont bien comparables pour toutes les conditions autres que celles de température.
37	3	— 1	1000	6850	27	5.37	
43	environ 10	— 3	alignement	7600	26	4.69	
44	— 10	— 3	1500	7600	25	4.76	
45	— 10	— 2	1000	7600	25	5.23	
160	10	— 3	alignement	5280	26	6.40	
Moyennes . . .	. . . .	. . . .	. . . .	6940	26	5.22	
100	8	+ 20	1200	7950	23	3.04	
115	environ 10	au moins 15	au moins 1000	6280	19	3.12	
140	— 10	+ 15	alignement	7920	23	3.76	
144	7	+ 20	2000	7280	27	3.83	
114	environ 10	au moins 15	au moins 1000	6350	26	3.70	
146	7	+ 20	1000	6820	30	3.41	
Moyennes . . .	. . . .	. . . .	. . . .	7100	25	3.47	

TABLEAU N° 17.

1re série.	Inclinaison moyenne :	1mill,16;	on a :	$f = 3,18$
2e série.	»	1 ,14;	»	$f = 2,97$
3e série.	»	9 ,50;	»	$f = 3,25$.

La valeur de f a été calculée par les équations (F), R étant donné par l'expérience; on voit que le coefficient de résistance ne diminue pas quand l'inclinaison de la rampe augmente.

4e série.	Inclinaison moyenne :	5mill,18;	on a :	$f = 3,39$
5e série.	»	9 ,25;	»	$f = 3,96$.

On trouve plutôt une augmentation pour la rampe la plus forte.

6e série.	Inclinaison moyenne :	16 ,79;	on a :	$f = 2,56$
7e série.	»	2mill,05;	»	$f = 3,40$.

Mais ici il faut remarquer que les trains de la 7e série renfermaient moins de boîtes à l'huile, qu'ils étaient d'une longueur double et qu'ils allaient deux fois plus vite que ceux de la 6e série.

Les résultats du tableau n° 17 concordent bien entre eux.

On peut donc conclure que, sur une rampe, le coefficient de résistance par tonne s'obtient en ajoutant au coefficient sur palier, obtenu dans les mêmes circonstances, autant de kilogrammes qu'il y a de millièmes dans l'inclinaison de cette rampe. (Voir les *profils*, Pl. 99, 100 et 101 [1].)

Cette loi est rigoureusement vraie, et si les conclusions de quelques expérimentateurs lui ont été contraires, c'est probablement que ceux-ci n'ont pas opéré dans des conditions identiques de vitesse et de longueur de train.

1. Les lignes autres que la ligne principale de Paris à Strasbourg sont désignées par des indices (lettres ou chiffres).

La ligne	Paris-Mulhouse	a l'indice	40.
—	Épernon-Reims	id.	1.
—	Blesme-Chaumont	id.	10.
—	Nancy-Forbach	id.	12.
—	Soissons-Givet	id.	2.
—	Reims-Laon	id.	3.
—	Luxembourg-Spa	id.	E.

Quand dans nos expériences nous parlons du train (E) 71, cela veut donc dire que c'est un train fait entre Luxembourg et Spa.

Tableau n° 17. — Influence des rampes sur le coefficient de résistance.

Vitesse 15 à 25 kilomètres à l'heure. — Vent peu sensible.

NUMÉROS de l'expérience.	INCLINAISON de la rampe.	RAYON des courbes.	VITESSE à l'heure.	NOMBRE de wagons.	PROPORTION des wagons graissés à l'huile	EFFORT par tonne absolu.	EFFORT par tonne corrigé.	OBSERVATIONS.
	millim.	mètres	kil.		pour 100	kil.	kil.	
105	0.43	1000	17	55	»	3.65	3.22	Première série.
150	2.50	—	17	34	11	5.64	3.14	
Moyenne. .	1.46	1000	17	44	»	4.64	3.18	
154	3.50	1000	15	51	7	6.65	3.15	Deuxième série.
152	3.50	—	19	32	11	6.15	2.65	
3	6.00	—	19	26	»	9.10	3.10	
103	5.70	—	17	31	»	8.55	2.85	
106	3.50	—	10	54	»	6.45	2.95	
115	4.50	—	19	49	»	7.82	3.12	
Moyenne. .	4.44	1000	16	41	»	7.47	2.97	
139	9.00	1000	15	40	»	12.35	3.35	Troisième série.
163	10.00	—	15	35	20	13.15	3.15	
Moyenne. .	9.50	1000	15	38	»	12.75	3 25	
111	5.70	700 à 800	20	36	8	9.87	4.17	Quatrième série.
113	5.66	—	17	32	8	10.13	4.47	
134	5.70	—	15	35	0	9.44	3.74	
138	5.66	—	20	31	»	9.00	3.34	
165	4.42	—	17	38	76	7.65	3.23	
167	5.00	—	13	38	70	7.56	2.56	
168	4.84	—	19	35	50	7.85	3.01	
176	4.80	—	17	44	36	7.55	2.75	
181	5.00	—	16	40	30	8.56	3.56	
177	5.00	—	16	44	36	8.05	3.05	
Moyenne. .	5.18	700 à 800	17	37	»	8.57	3.39	
107	9.25	700 à 800	20	46	11	13.45	4.20	Cinquième série.
137	9.25	—	15	28	18	13.72	4.47	
184-185	9.25	—	16	33	42	12.47	3.22	
Moyenne. .	9.25	700 à 800	17	36	»	13.21	3.96	
186	15.00	400 à 600	16	12	66	17.60	2.60	Sixième série.
187	16.89	—	12	12	66	19.42	2.53	
188	19.80	—	10	12	66	22.18	2.38	
189	15.50	—	17	16	100	18.24	2.74	
Moyenne. .	16.79	400 à 600	14	13	74	19.35	2.56	
123	2.40	400 à 600	25	30	13	5.58	3.18	Septième série.
124	1.40	—	29	30	13	5.23	3.83	
125	3.50	—	21	30	13	7.10	3.60	
126	0.90	—	31	30	13	3.90	3.00	
Moyenne. .	2.05	400 à 600	26	30	13	5.45	3.40	

INFLUENCE DE LA LONGUEUR DES TRAINS SUR LES RÉSISTANCES.

Dans les trains de voyageurs, marchant à des vitesses supérieures à 40 kilomètres, un grand élément de la résistance totale des voitures est la résistance de l'air. L'action de l'air est plus grande sur la première voiture que sur toutes les autres; la résistance par voiture doit donc diminuer avec le nombre de voitures. C'est ce qu'on vérifie dans les tableaux 9 et 10. (Voir pages 728 et 729.)

Si les rayons des courbes d'une ligne descendaient beaucoup au-dessous de 1000 mètres, cette loi ne serait plus exacte, parce que l'influence de l'air s'effacerait devant celle des courbes.

Quant aux trains de marchandises, la longueur peut varier entre des limites bien plus étendues que pour les trains de voyageurs. En alignement ou en courbe de très-grand rayon, la longueur n'a pas d'influence, et, en effet, nous avons trouvé de très-faibles coefficients pour des trains de 50 à 60 wagons. Mais si le rayon des courbes descend à 1000 mètres, l'accroissement de la longueur produit un accroissement de résistance. Il ne s'agit plus ici seulement de la résistance de l'air, parce que la vitesse est faible et les wagons en partie plats; mais il y a des frottements supplémentaires aux jantes, parce que la direction de la force de traction ne coïncide plus avec l'axe des wagons.

Comme exemple, nous citerons les chiffres relevés dans le trajet du poteau 172 au poteau 185 (et *vice versâ*, de la ligne Paris-Strasbourg), trajet qui présente des courbes multipliées dont le rayon descend à 1000 mètres. Dans cette section, les trains de 35 à 50 wagons ont demandé en moyenne 1 kilogramme par tonne d'effort de traction, en sus de l'effort exigé par les trains ayant de 25 à 30 wagons.

INFLUENCE DES COURBES SUR LES RÉSISTANCES.

La largeur normale de la voie des chemins de fer de l'Est est fixée à $1^m,447$ entre les bords intérieurs des champignons. Un essieu de wagon peut y parcourir une voie en courbe d'un rayon minimum de 444 mètres sans qu'il y ait glissement ni frottement des boudins[1].

Pour les trains de voyageurs composés de 10 à 20 voitures et marchant à des vitesses de 35 à 50 kilomètres, il nous a été impossible de trouver une influence. Nous n'avons, il est vrai, opéré que dans des courbes

1. Le rail extérieur reçoit dans les courbes un surhaussement calculé, d'après les vitesses mêmes inscrites aux livrets de la marche des trains.

dont les rayons minima étaient de 800 mètres. A des vitesses supérieures à 50 kilomètres, l'influence des courbes se fait sentir : elle est de 5 pour 100 dans le train 31 du 21 décembre. (Tableau n° VIII, essais 60 et 61.)

Le tableau n° 18 montre l'influence des courbes sur les trains de marchandises.

La vitesse moyenne (20 à 30 kilomètres) et le nombre moyen de véhicules (26 à 56) ont été à peu près les mêmes pour les différents trains.

Voici les résultats que nous en tirons :

1° Quand la longueur des courbes rencontrées dans une section est inférieure à 20 pour 100. . . . . $f = 4^k,43$.

2° Quand la longueur des courbes rencontrées dans une section est comprise entre 20 et 50 pour 100. . . . . $f = 4,76$.

3° Quand la longueur des courbes rencontrées dans une section est supérieure à 50 pour 100 . . . . $f = 5,12$.

Nota. Les courbes d'un rayon supérieur à 2000 mètres ont été comptées comme alignement : les rayons des autres courbes ont été de 1000 à 2000 mètres.

Les courbes même de grand rayon ont donc une influence sensible sur les trains de marchandises.

Nos expériences nous ont montré que si on désigne par f le coefficient de résistance par tonne en alignement,

Le coefficient en courbe de 1000 mètres sera. . . . $f + 1$
» » de 800 » . . . . $f + 1,50$.

INFLUENCE DE L'ÉTAT DE LA VOIE SUR LES RÉSISTANCES.

La plupart des voies sur lesquelles ont roulé les trains d'expérience sont éclissées, la longueur des rails est de 6 mètres.

Lorsque l'état de la voie n'est pas bon ; lorsque, par exemple, on approche de l'époque d'une réfection, il en résulte pour les trains des secousses plus ou moins violentes, suivant les vitesses de la marche.

Ce cas s'est rencontré pour les trains express n° 33, du 13 au 16 mars 1865. La voie était mauvaise du poteau 96 au poteau 115. Comparons les efforts et les vitesses dans cette section aux efforts et aux vitesses trouvés dans une section voisine en bon état, offrant les mêmes conditions de courbes, du poteau 74 au poteau 84.

Nous trouvons pour la voie mauvaise :

1° Train 33, du 13 mars, pour $V = 67^k$. . . . $f = 112^k$
2° » du 14 mars, pour $V = 59^k$. . . . $f = 100^k$
3° » du 15 mars, pour $V = 67^k$. . . . $f = 125^k$

Moyenne. . . . $V = 64^k$ et $f = 112^k$ par voiture.

Tableau n° 18. — Influence des courbes sur le tirage.

DÉSIGNATION des trains.	DÉSIGNATION des sections.	VITESSE à l'heure.	NOMBRE de véhicules.	COEFFICIENT de traction.	OBSERVATIONS.
		kilom.		kilogr.	
64. Du 19 mars 1863.	Poteau 140 à 129.	27	29	4.28	Le parcours en courbe est inférieur à 20 0/0 du parcours total.
85. Du 27 février 1863.	— 148 à 166.	25	37	4.88	
85. Du 27 février 1863.	— 191 à 198.	28	41	5.33	
62. Du 27 février 1863.	— 169 1/2 à 165.	26	30	3.65	
62. Du 27 février 1863.	— 153 à 149.	28	30	2.63	
85. Du 22 février 1863.	— 150 à 161 1/2.	26	37	4.78	
85. Du 22 février 1863.	— 189 à 198 1/2.	25	37	4.88	
78. Du 17 mars 1864.	— 203 1/2 à 199.	29	47	4.82	
78. Du 17 mars 1864.	— 199 à 190 1/2.	29	47	4.63	
80. Du 19 mars 1864.	— 139 à 135.	25	30	4.27	
89. Du 18 mars 1864.	— 148 à 154.	29	38	4.78	
89. Du 18 mars 1864.	— 154 à 161.	27	38	4.85	
88. Du 18 mars 1864.	— 204 à 199.	26	26	4.84	
83. Du 6 avril 1864.	— 57 à 62.	26	44	4.93	
81. Du 11 avril 1864.	— 120 à 134.	26	43	5.68	
78. Du 13 avril 1864.	— 197 à 193.	23	55	4.15	
88. Du 14 avril 1864.	— 203 à 199.	26	35	4.27	
88. Du 14 avril 1864.	— 199 à 191.	26	35	4.43	
88. Du 14 avril 1864.	— 169 à 157.	26	38	4.63	
40.69. Du 29 avril 1864.	— 28 1/2 à 31.	25	31	4.21	
75. Du 31 août 1864.	— 9 1/2 à 14.	22	42	3.73	
75. Du 31 août 1864.	— 23 1/2 à 26 1/2.	27	42	3.83	
66. Du 31 août 1864.	— 41 1/2 à 39.	28	31	3.67	
66. Du 31 août 1864.	— 25 1/2 à 23 1/2.	29	32	4.12	
	Moyennes	26	37	4.43	
85. Du 26 nov. 1862.	Poteau 70 à 78.	30	33	6.04	Le parcours en courbe est compris entre 20 0/0 et 50 0/0 du parcours total.
85. Du 26 nov. 1862	— 86 à 91.	28	33	5.73	
77. Du 6 déc. 1862.	— 67 à 78.	26	28	5.84	
77. Du 6 déc. 1862.	— 89 à 94.	29	28	5.46	
64. Du 19 mars 1863.	— 124 à 118.	28	29	3.98	
64. Du 19 mars 1863.	— 113 à 109.	27	29	4.18	
85. Du 17 février 1863.	— 176 à 180.	25	39	5.56	
85. Du 17 février 1863.	— 180 à 187.	27	39	5.41	
62. Du 27 février 1863.	— 185 à 177.	25	28	3.14	
62. Du 27 février 1863.	— 164 à 159.	29	30	3.35	

Tableau n° 18. — Influence des courbes sur le tirage. *(Suite.)*

DÉSIGNATION des trains.	DÉSIGNATION des sections.	VITESSE à l'heure.	NOMBRE de véhicules.	COEFFICIENT de traction.	OBSERVATIONS.
suite.	suite.	suite. kilom.	suite.	suite. kilogr.	suite.
85. Du 27 février 1863.	Poteau 163 à 170.	25	37	4.87	Le parcours en courbe est compris entre 20 0/0 et 50 0/0 du parcours total.
85. Du 27 février 1863.	— 176 à 184 1/2.	24	37	5.23	
83. Du 16 mars 1864.	— 66 1/2 à 72.	22	29	4.95	
83. Du 16 mars 1864.	— 72 à 78.	24	29	5.00	
80. Du 19 mars 1864.	— 122 à 117.	29	30	4.23	
80. Du 19 mars 1864.	— 115 à 110.	27	30	4.55	
81. Du 11 avril 1864.	— 86 à 91.	28	43	5.37	
81. Du 11 avril 1864.	— 110 à 115 1/2.	26	43	5.21	
66. Du 7 avril 1864.	— 73 à 67.	25	34	4.46	
66. Du 7 avril 1864.	— 61 à 65.	25	34	4.65	
88. Du 14 avril 1864.	— 182 à 176.	25	35	4.48	
75. Du 31 août 1864.	— 57 à 61.	21	41	4.54	
66. Du 31 août 1864.	— 62 à 56 1/2.	25	34	4.03	
81. Du 1er sept. 1864.	— 57 à 60.	28	43	4.03	
	Moyennes.	25	34	4.76	
85. Du 26 nov. 1862.	Poteau. 67 à 70.	26	33	6.12	Le parcours en courbe est plus grand que 50 0/0 du parcours total.
85. Du 26 nov. 1862.	— 80 à 83.	30	33	6.02	
85. Du 26 nov. 1862.	— 103 à 113.	28	33	5.60	
77. Du 6 déc. 1862.	— 103 à 109.	24	28	5.80	
64. Du 15 mars 1863.	— 104 à 95.	30	29	3.59	
83. Du 16 mars 1864.	— 79 à 83.	26	29	5.20	
89. Du 18 mars 1864.	— 176 1/2 à 182 1/2.	20	38	5.72	
83. Du 6 avril 1864.	— 69 à 76.	25	41	5.30	
81. Du 11 avril 1864.	— 67 à 71.	21	43	5.63	
81. Du 11 avril 1864.	— 95 à 103.	20	43	5.83	
78. Du 12 avril 1864.	— 109 à 104.	29	30	3.23	
78. Du 13 avril 1864.	— 181 à 177.	24	56	4.00	
85. Du 26 nov. 1862.	— 99 à 102.	27	33	5.75	
77. Du 6 déc. 1862.	— 100 à 103.	23	38	5.64	
80. Du 19 mars 1864.	— 81 à 78.	24	27	4.54	
83. Du 16 mars 1864.	— 78 à 82.	26	29	5.18	
83. Du 6 avril 1864.	— 79 à 82.	25	41	5.22	
81. Du 11 avril 1864.	— 79 à 82.	25	43	5.68	
66. Du 7 avril 1864.	— 81 à 78.	22	34	4.95	
78. Du 12 avril 1864.	— 102 à 99.	27	30	3.58	
	Moyennes.	24	35	5.12	

Et pour la voie bonne :

1° Train 33, du 13 mars, pour V = 72k. . . .		f = 115k
2° » du 14 mars, pour V = 75k. . . .		f = 95k
3° » du 15 mars, pour V = 77k. . . .		f = 132k
Moyenne.	V = 75k	et f = 114k par voiture.

Ainsi l'on peut dire que, vu le mauvais état de la voie, on diminuait la vitesse à 64 kilomètres, et que l'effort restait le même qu'à la vitesse de 75 kilomètres; l'augmentation de la résistance était due à des chocs, à un frottement des boudins des roues contre les rails.

INFLUENCE DES ATTELAGES SUR LES RÉSISTANCES.

La tension plus ou moins grande des attelages influe sur l'effort au démarrage et sur la résistance dans les courbes de petits rayons.

Dans les trains de marchandises, où les tendeurs ne sont ordinairement pas serrés, les wagons se mettent en mouvement les uns après les autres; la mise en marche se fait plus facilement que si les attelages étaient serrés, la machine ayant alors à vaincre l'inertie du train tout entier.

Dans les trains de voyageurs, où, pour atténuer le lacet dû à la vitesse, les tendeurs sont très-serrés, nous avons en effet trouvé un effort au démarrage plus considérable que dans les trains de marchandises.

Pour faire ressortir la différence entre le démarrage des wagons à attelages libres et le démarrage des wagons à attelages serrés, nous joignons au présent mémoire deux calques de courbes dynamométriques (Pl. 96); ces portions de courbes représentent la traction au départ :

1° Pour le train de marchandises. . . 75, du 13 février 1865;
2° Pour le train de voyageurs. . . . (2) 16, du 5 juin 1866.

INFLUENCE DE LA VITESSE; RÉSISTANCE DE L'AIR.

Plus la vitesse est grande, plus la résistance de l'air sur les surfaces devient considérable et plus les wagons tendent à prendre du lacet, surtout dans les courbes. Les frottements à la jante augmentent; la résistance des trains en général doit donc dépendre beaucoup de la vitesse.

1° *Trains de voyageurs.*

Pour les trains de voyageurs courts, nous trouvons, d'après nos expériences :

Pour V = 39k.	f = 6k,54,	soit 40k	par voiture.
» V = 46k.	f = 7 ,21,	» 44	»
» V = 58k.	f = 9 ,57,	» 58	»
» V = 76k.	f = 14 ,55,	» 96	»

La planche XCVI donne la courbe représentant la loi des résistances suivant les vitesses.

La même planche donne la courbe des résistances pour des trains composés de plus de 10 voitures. On voit que la loi d'accroissement des ordonnées en fonction des abcisses, qui représentent les vitesses, est moins rapide.

Voici 4 points de cette courbe :

Pour $V = 35^k$.	$f = 5^k,67$,	soit 35^k	par voiture.
» $V = 45^k$.	$f = 5\ ,98$,	» 37	»
» $V = 52^k$.	$f = 6\ ,53$,	» 40	»
» $V = 60^k$.	$f = 8\ ,05$,	» 48	»

2° *Trains de marchandises.*

La composition et la longueur des trains de marchandises étant très-variables, l'influence de la vitesse sur les résistances est beaucoup plus difficile à apprécier.

En consultant le tableau n° 18, on voit que cette résistance augmente d'environ 1 à 2 pour 100 pour des vitesses croissant de 1 kilomètre dans les limites de 20 à 30 kilomètres à l'heure. (Voir note G, page 789.)

3° *Trains mixtes.*

Nous avons trouvé :

Pour $V = 40^k$. . . . . $f = 4^k,67$

Pour $V = 50^k$. . . . . $f = 5\ ,60$.

Ces coefficients sont notablement moindres que pour les trains de voyageurs. Cela tient à ce que la charge utile est beaucoup plus grande dans les trains mixtes, et que la résistance de l'air a beaucoup moins d'influence sur le coefficient de résistance par tonne brute.

INFLUENCE DU VENT EXTÉRIEUR OU ATMOSPHÉRIQUE.

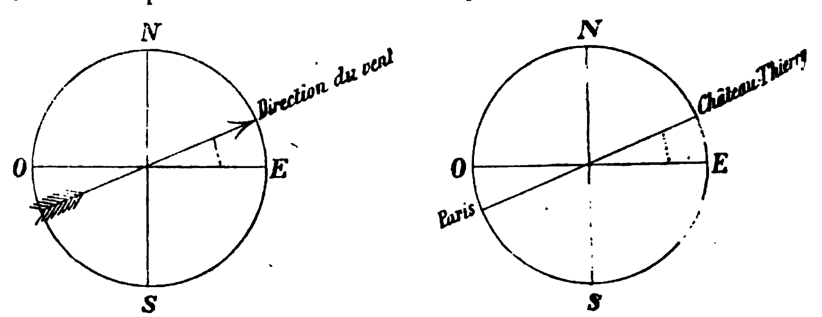
En dehors de la résistance de l'air, il en est une due au vent atmosphérique.

Le train 9, du 3 août 1866 (de Paris à Château-Thierry), et le train 20, du même jour (de Château-Thierry à Paris), composés des mêmes voitures, circulant entre 10 heures du matin et 5 heures du soir, c'est-à-dire offrant la probabilité de rencontrer les mêmes circonstances atmosphériques, ont été expérimentés tous les deux avec le wagon dynamomètre.

La direction de Paris à Château-Thierry est indiquée ci-contre, en regard de la direction du vent observée pendant le voyage.

La voie fait quelques détours; mais, si l'on considère l'ensemble du voyage, on voit que le train avait à peu près à l'aller vent d'arrière, et au retour vent de face.

Nous avons cherché à déterminer la vitesse absolue du vent, par deux observations de boussole et de girouette, faites à quelques minutes d'intervalle : la première était faite dans la gare de Château-Thierry un peu



avant le départ du train 20 ; la deuxième était faite pendant la marche dans un long alignement qu'on trouve à un kilomètre de Château-Thierry. On pouvait admettre que, pendant l'intervalle, la direction et la vitesse absolues du vent n'avaient pas changé.

Ainsi on connaissait :

1° L'angle fait par la direction réelle du vent avec la direction du train, égal à 40° en stationnement ;

2° L'angle fait par la direction relative du vent avec la direction du train, égal à 15°, en marche ;

3° La vitesse du train, c'est-à-dire du vent artificiel créé par le transport du train.

On pouvait donc construire le parallélogramme des vitesses, et en déduire la valeur de la vitesse réelle du vent[1].

La vitesse absolue du vent a été trouvée égale à $8^{m},40$ à la seconde.

Les résistances observées à l'aller et au retour, sur la même portion de voie et à des vitesses peu différentes ont été :

	ALLER.	RETOUR.	OBSERVATIONS. NOMBRE DE VOITURES. ALLER.	RETOUR.
Entre poteaux 93 et 97	720 kil.	822		
— 76 et 82	700	857		
— 69 et 66	600	806		
— 59 et 64	552	835	13	13
— 26 et 20	643	817		
Moyenne	643	827		

1. Dans ces conditions, la girouette sert d'anémomètre, à cause de la vitesse de transport de l'appareil.

On trouve donc une différence de 184 kilog. (30 pour 100 environ de résistance du train à l'aller) due à l'influence d'un vent ayant une vitesse de 8 mètres à la seconde.

Ce résultat nous montre l'influence considérable d'un vent, même faible, et combien la résistance des trains de voyageurs doit être variable, à moins qu'on n'ait un temps absolument calme.

L'examen des tableaux VII à X confirme cette assertion.

Comme effet maximum du vent, on y trouve:

Trains de voyageurs :

Essai n° 83 — vitesse 46 kilomètres — $f = 12^k,63$
Essai n° 24 — vitesse 45 kilomètres — $f = 10,06$

Trains de marchandises :

Essai n° 54 — vitesse 25 kilomètres — $f = 7,68$
Essai n° 92 — vitesse 21 kilomètres — $f = 8,60$

Ces quatre derniers essais ont été faits par des vents assez forts, mais qui cependant ne pouvaient être qualifiés de tempêtes : il en résulte que, sans rencontrer de circonstances atmosphériques extraordinaires, la résistance des trains peut varier du simple au double.

TROISIÈME PARTIE.

Nous nous trouvons avoir traité cette troisième partie du programme aux articles précédents, où nous avons parlé de l'influence des courbes et de la longueur des trains sur les coefficients de résistance.

Nous n'avons fait aucune expérience sur un véhicule isolé, par la raison que nous n'avions pas de courbes d'assez petit rayon pour obtenir des résultats.

QUATRIÈME PARTIE.

Résultats et calculs pratiques pouvant servir à déterminer les différents termes entrant dans la formule de la puissance d'une machine.

FORMULES POUR LA RÉSISTANCE DES TRAINS.

Les nombreuses expériences que nous avons entreprises conduisent à des formules donnant la résistance r par tonne du train.

La formule de W. Harding pour la résistance r des trains en palier et ligne droite est :

$$r = 2.72 + 0.094\,V + \frac{0.00484 \times S V^2}{P} \qquad (\delta)$$

r étant la résistance du train en kilogrammes par tonne.
V » la vitesse en kilomètres à l'heure.
S » la section de face du train (S = 5 mètres carrés).
P » le poids du train en tonnes.

Cette formule donne des résultats beaucoup trop forts. Dans le tableau n° 19 on trouve son application aux trains des tableaux I à VII (temps calme, courbes de grand rayon, faible inclinaison de la voie). On voit que la différence obtenue pour les valeurs de r est considérable.

Tout en maintenant à l'équation (δ) sa forme qui nous a paru bonne, nous avons dû chercher à modifier les coefficients qu'elle contient.

Les résultats de nos essais ont été les suivants :

1° Il n'est pas possible d'admettre une formule simple qui satisfasse à un train quelconque ;

2° On doit faire deux groupes. Le premier comprend les trains de marchandises aux vitesses de 12 à 32 kilomètres à l'heure, le second se rapporte aux trains de toute nature, marchant à des vitesses supérieures à 32 kilomètres.

1er GROUPE. — *Trains de marchandises, vitesse de 12 à 32 kilomètres. — Courbes de grand rayon. — Palier. — Beau temps.*

Avec des vitesses faibles, le terme en V^2 de l'équation (δ) a fort peu

Tableau N° 19 — Application de la formule de W. Harding : $R = 2.72 + 0.094 \times V + \frac{0.00484 \times S \times V^2}{P}$

Trains de marchandises et mixtes.

DÉSIGNATION DU TRAIN.	VITESSE à l'heure.	POIDS brut en tonnes.	VALEUR du 2ᵉ terme.	VALEUR du 3ᵉ terme.	VALEUR totale calculée de R.	VALEUR donnée par l'expérience.	EXCÈS de la valeur calculée.	OBSERVATIONS.
199 Du 20 juin 1862....	20ᵏ	567ᵗ	1.88	0.02	4ᵏ.62	3.12	+ 1.50	S est la section de face du train. S = 5 m. carrés.
62 Du 27 févr. 1863....	25	306	2.35	0.05	5 .12	3.14	+ 1.98	
40.62 Du 28 avril 1864....	26	509	2.45	0.03	5 .20	3.20	+ 2.00	
66 Du 31 août 1864....	17	332	1.60	0.02	4 .34	3.14	+ 1.20	
567 Du 27 juin 1862....	29	221	2.73	0.09	5 .54	4.43	+ 1.11	
562 Du 15 juin 1862....	29	301	2.73	0.07	5 .52	4.32	+ 1.20	
64 Du 19 mars 1863....	28	321	2.63	0.06	5 .41	4.01	+ 1.40	
62 Du 27 févr. 1863....	31	306	2.92	0.07	5 .71	3.18	+ 2.53	
78 Du 17 mars 1864....	31	474	2.92	0.04	5 .68	3.98	+ 1.70	
88 Du 18 mars 1864....	29	249	2.73	0.08	5 .53	4.05	+ 1.48	
78 Du 12 avril 1864....	32	360	3.02	0.08	5 .80	4.33	+ 1.47	
78 Du 12 avril 1864....	29	326	2.73	0.06	5 .51	3.54	+ 1.97	
78 Du 13 avril 1864....	31	586	2.92	0.04	5 .70	4.41	+ 1.29	
78 Du 13 avril 1864....	31	536	2.92	0.04	5 .68	3.54	+ 2.14	
66 Du 31 août 1864....	30	296	2.83	0.07	5 .62	3.71	+ 1.91	
100 Du 25 avril 1862....	36	239	3.88	0.13	6 .23	4.64	+ 1.59	
100 Du 25 avril 1862....	38	227	3.58	0.15	6 .45	4.60	+ 1.85	
38 Du 5 déc. 1862....	37	200	3.48	0.16	6 .36	4.67	+ 1.69	
38 Du 16 déc. 1862....	39	174	3.67	0.21	6 .60	4.43	+ 2.17	
46 Du 19 nov. 1864....	44	120	4.14	0.39	7 .25	5.18	+ 2.07	
100 Du 16 avril 1862....	34	207	3.20	0.13	6 .05	5.22	+ 0.83	
100 Du 16 avril 1862....	42	190	3.95	0.10	6 .77	5.75	+ 1.02	

d'importance; on peut le supprimer. La nature du graissage a une influence notable, elle change les coefficients.

Nous avons alors été conduits par tâtonnement aux deux formules suivantes : température avoisinant 15°.

Pour les trains lubréfiés à l'huile :

$$r = 1.65 + 0.05\ V \qquad (a$$

Pour les trains lubréfiés à la graisse :

$$r = 2.30 + 0.05\ V \qquad (b)$$

Le tableau n° 20 donne les résultats de ces formules appliquées à nos essais, on voit qu'ils diffèrent fort peu de ceux obtenus par l'expérience.

Tableau n° 20. — Application d'une formule nouvelle au calcul de la résistance des trains de marchandises.

$$R = 2.30 + 0.05 \times V.$$

DÉSIGNATION DU TRAIN.	VITESSE à l'heure.	VALEUR du terme en V.	VALEUR de R calculée.	VALEUR DE R trouvée par l'expérience.	EXCÈS de la valeur calculée.	OBSERVATIONS.
	kilom.		kilogr.	kilogr.		
199. Du 20 juin 1862..	20	1.00	3.30	3.12	+ 0.18	
62. Du 27 févr. 1863..	25	1.25	3.55	3.14	+ 0.41	
40.62. Du 28 avril 1864..	26	1.30	3.60	3.20	+ 0.40	
66. Du 31 août 1864..	17	0.85	3.15	3.14	+ 0.01	
567. Du 27 juin 1862..	29	1.45	3.75	4.43	— 0.68	
562. Du 15 juin 1862..	29	1.45	3.75	4.32	— 0.57	
64. Du 19 mars 1863..	28	1.40	3.70	4.01	— 0.31	
62. Du 27 févr. 1863..	31	1.55	3.85	3.18	+ 0.67	
78. Du 17 mars 1864..	31	1.55	3.85	3.98	— 0.13	
88. Du 18 mars 1864..	29	1.45	3.75	4.05	— 0.30	
78. Du 12 avril 1864..	32	1.60	3.90	4.33	— 0.43	
78. Du 12 avril 1864..	29	1.45	3.75	3.54	+ 0.21	
78. Du 13 avril 1864..	31	1.55	3.85	4.41	— 0.51	
78. Du 13 avril 1864..	31	1.55	3.85	3.54	+ 0.31	
66. Du 31 août 1864..	30	1.50	3.80	3.71	+ 0.09	

Les formules (*a*) et (*b*) montrent l'avantage du graissage à l'huile sur le graissage à la graisse à la température de 15°. Au-dessous de cette température, cet avantage croît très-vite ; au-dessus au contraire, il devient moins sensible.

2° GROUPE. — *Trains de toute nature.* — *Vitesse supérieure à* 32 *kilomètres.* — *Courbes de grand rayon.* — *Palier.*

Le tableau n° 21 donne les résultats de l'application de la formule de Harding à ces trains. Ils sont beaucoup trop forts pour les trains lourds, se rapprochent de la vérité pour les trains omnibus légers et sont trop faibles pour les trains express de 8 voitures.

Après quelques tâtonnements nous avons dû admettre 3 séries de coefficients. (Voir le tableau n° 22, page 758.)

Trains marchant à la vitesse de 32 à 50 kilom. :

$$r = 1.80 + 0.08\ V + \frac{0.009.\ S.\ V^2}{P} \qquad (c)$$

Trains marchant à la vitesse de 50 à 65 kilom. :

$$r = 1.80 + 0.08\ V + \frac{0.006.\ S.\ V^2}{P} \qquad (d)$$

Trains marchant à la vitesse de 70 kilom. et au-dessus :

$$r = 1.80 + 0.14\ V + \frac{0.004\ S.\ V^2}{P} \qquad (e)$$

Pour bien comprendre la nécessité de ces différents coefficients, il faut remarquer que, dans ces formules, le terme en V représente les résistances à la jante, lesquelles croissent avec la vitesse et le lacet, et que le terme en V^2 représente la résistance de l'air; plus le train est lourd, plus la résistance due à la surface exposée au vent est réduite proportionnellement. On conçoit donc que ce terme renferme le poids P en dénominateur.

Les formules (*c*) (*d*) et (*e*) donnent des résultats qui concordent bien avec l'expérience.

r étant le coefficient de résistance par tonne en palier et alignement, pour calculer les résistances additionnelles, dues aux rampes, courbes, etc., on se reportera à la deuxième partie de ce mémoire,

NOMBRE DE CHEVAUX DISPONIBLES PAR UNITÉ DE SURFACE DE CHAUFFE.

Le tableau n° 23 donne le travail maximum développé par différents types de machines dans nos expériences.

TABLEAU N° 21.— Application de la formule de W. Harding : $R = 2.72 + 0.094 \times V + \frac{0.00484 \times S \times V^2}{P}$

Trains de voyageurs.

DÉSIGNATION DU TRAIN.	VITESSE à l'heure.	POIDS BRUT en tonnes.	VALEUR du 2e terme.	VALEUR du 3e terme.	VALEUR totale calculée.	VALEUR du coefficient expérimenté.	EXCÈS de la valeur calculée.	OBSERVATIONS.
	kilom.	tonnes.			kilog.	kilog.		
35. Du 27 avril 1862.......	47	90	4.40	0.58	7.70	6.24	+ 1.46	
36. Du 6 mai 1862.......	46	101	4.32	0.52	7.56	5.54	+ 2.12	
40.26. Du 28 avril 1866.......	44	101	4.13	0.48	7.33	6.43	+ 0.90	
44. Du 8 juin 1866.......	45	107	4.23	0.47	7.42	5.73	+ 1.69	
40.35. Du 24 avril 1866.......	45	50	4.23	1.00	7.95	7.44	+ 0.51	
40.35. Du 26 avril 1866.......	41	56	3.86	0.75	7.33	7.27	+ 0.06	
2.16. Du 6 juin 1866.......	46	58	4.32	0.91	7.95	7.56	+ 0.39	
35. Du 27 avril 1892.......	54	90	5.10	0.81	8.63	6.95	+ 1.68	
35. Du 1er mai 1862.......	50	101	4.72	0.62	8.06	6.03	+ 2.03	
36 Du 6 mai 1862.......	54	101	5.10	0.72	8.54	6.03	+ 2.51	
35 Du 7 mai 1862.......	50	106	4.72	0.59	8.03	6.71	+ 1.32	
40.23. Du 28 avril 1866.......	52	101	4.90	0.67	8.29	6.54	+ 1.75	
35. Du 4 juin 1866.......	54	105	5.10	0.69	8.51	6.95	+ 1.56	
36. Du 30 avril 1862.......	58	91	5.45	0.92	9.09	8.03	+ 1.06	
35. Du 19 nov. 1864.......	59	98	5.56	0.88	9.16	7.95	+ 1.21	
35. Du 4 juin 1866.......	63	105	5.95	0.96	9.63	8.16	+ 1.47	
40.35. Du 24 avril 1866.......	65	50	6.12	2.12	10.96	9.80	+ 1.16	
40.32. Du 25 avril 1866.......	60	55	5.65	1.65	10.02	9.10	+ 0.92	
2.16. Du 5 juin 1866.......	61	61	5.75	1.55	10.02	9.80	+ 0.22	
33. Du 14 mars 1866.......	76	53	7.17	2.73	12.62	14.55	— 1.93	

Tableau n° 22. — Application de formules nouvelles à la résistance des trains de voyageurs.

Désignation des trains.	Vitesse à l'heure.	Poids brut en tonnes.	Terme en V.	Terme en V².	Valeur totale calculée.	Valeur totale expérimentée.	Excès de la valeur calculée.	Observations.
	Trains marchant à la vitesse de 32 à 50 kil. à l'heure. $R = 1.80 + 0.08\,V + \frac{0.009 \times S\,V^2}{P}$							
	kil.	tonnes.			kilogr.	kilogr.		
100. Du 25 avril 1862..	36	239	2.88	0.23	4.91	4.64	+ 0.27	
100. Du 25 avril 1862..	38	227	3.04	0.26	5.10	4.60	+ 0.50	
38. Du 5 déc. 1862..	37	200	2.96	0.29	5.05	4.67	+ 0.38	
38. Du 16 déce 1862..	39	174	3.12	0.38	5.30	4.43	+ 0.87	
46. Du 19 nov. 1864..	44	120	3.52	0.70	6.02	5.18	+ 0.84	
100. Du 16 avril 1862..	34	207	2.72	0.23	4.75	5.22	— 0.47	
100. Du 16 avril 1862..	42	190	3.36	0.19	5.35	5.75	— 0.40	
35. Du 27 avril 1862..	47	90	3.76	1.11	6.67	6.24	+ 0.43	
36. Du 6 mai 1862..	46	101	3.68	0.95	6.43	5.54	+ 0.89	
40.26. Du 28 avril 1866..	44	101	3.52	0.87	6.19	6.43	— 0.24	
44. Du 8 juin 1866..	45	107	3.60	0.85	6.25	5.73	+ 0.52	
40.35. Du 24 avril 1866..	45	50	3.60	1.83	7.23	7.95	— 0.72	
40.35. Du 26 avril 1866..	41	56	3.28	1.37	6.45	7.33	— 0.88	
2.16. Du 6 juin 1866..	46	58	3.68	1.62	7.10	7.95	— 0.85	
	Trains marchant à la vitesse de 50 à 65 kil. à l'heure. $R = 1.80 + 0.08\,V + \frac{0.006 \times S \times V^2}{P}$							
35. Du 27 avril 1862..	54	90	4.32	0.97	7.09	6.95	+ 0.14	
35. Du 1er mai 1862..	50	101	4.00	0.74	6.54	6.03	+ 0.51	
36. Du 6 mai 1862..	54	101	4.32	0.86	6.98	6.03	+ 0.65	
35. Du 7 mai 1862..	50	106	4.00	0.71	6.51	6.71	— 0.20	
40.23. Du 28 avril 1866..	52	101	4.16	0.80	6.76	6.54	+ 0.22	
35. Du 4 juin 1866..	54	105	4.32	0.82	6.94	6.95	— 0.01	
36. Du 30 avril 1862..	58	91	4.64	1.10	7.54	8.03	— 0.49	
35. Du 19 nov. 1864..	59	98	4.72	1.05	7.57	7.95	— 0.38	
35. Du 4 juin 1866..	63	105	5.04	1.15	7.99	8.16	— 0.17	
40.35. Du 24 avril 1866..	65	50	5.20	2.55	9.55	9.80	— 0.25	
40.32. Du 25 avril 1866..	60	55	4.80	1.97	8.57	9.10	— 0.53	
2.16. Du 5 juin 1866..	61	61	4.88	1.86	8.54	9.80	— 1.26	
	Trains marchant à la vitesse de 70 kilomètres et au-dessus, à l'heure $R = 1.80 + 0.14\,V + \frac{0.004 \times S\,V^2}{P}$							
33. Du 14 mars 1866..	76	53	10.64	2.18	14.62	14.55	+ 0.07	

Tableau n° 28. — Valeur maxima du travail des machines d'après les expériences.

DÉSIGNATION DU TRAIN.	TYPE de machine.	VITESSE A L'HEURE.	TRAVAIL sur la barre d'attelage.	TRAVAIL pour le transport du moteur.	TRAVAIL TOTAL au pourtour des roues motrices.	MOYENNE des travaux pour chaque type.
		kil.	chev.	chev.	chev.	chev.
33. Du 13 mars 1866.	Type Crampton	78	262	[2] 115	377	392
33. Du 15 mars 1866.	—	74	297	110	407	
1.16. Du 7 juin 1866.	Roues lib. T. 1.	42	132	[3] 87	219	204
1.35. Du 4 juin 1866.	—	37	113	80	193	
1.38. Du 21 juill. 1866.	—	44	110	91	201	
36. Du 10 déc. 1862.	Mixte. Type 14	45	204	58	261	297
40.35. Du 26 avril 1866.	— 12	70	159	120	279	
40.34. Du 27 avril 1866.	— 12	48	175	116	291	
40.23. Du 28 avril 1866.	— 14	47	244	101	[1] 345	
35. Du 4 juin 1866.	— 14	63	227	81	308	
2.65. Du 21 juill. 1865.	March. Type 20	18	242	53	295	295
1.68. Du 8 juill. 1864.	—	25	230	41	271	
1.67. Du 6 juill. 1864.	—	26	250	77	327	
3.64. Du 22 juin 1864.	—	24	244	49	293	
1.68. Du 21 juin 1864.	—	20	249	44	293	
1.68. Du 20 juin 1864.	—	20	250	44	294	
89. Du 14 avril 1864.	March. Type 15	24	239	33	272	261
91. Du 13 avril 1864.	—	28	225	38	263	
89. Du 18 mars 1864.	—	31	232	43	275	
140. Du 21 mars 1864.	—	18	183	50	233	
12.72. Du 13 janv. 1866.	8 roues coupl.	21	297	71	368	346
12.80. Du 11 janv. 1866.	—	16	278	62	340	
12.72. Du 12 janv. 1866.	—	23	265	71	336	
12.86. Du 22 déc. 1865.	—	25	262	78	340	
E.74. Du 21 mars 1867.	—	15	200	127	327	
E.74. Du 22 mars 1867.	—	17	263	104	367	

OBSERVATIONS.

[1] Ce grand travail de 345 chevaux n'a été soutenu que pendant un parcours peu prolongé.

[2] Le travail pour le transport du moteur a été évalué à 8 kilog. par tonne, d'après les expériences faites sur les machines à roues libres et sur les tenders.

[3] Les trois expériences sur les machines type 1 ont été faites avec l'échappement serré. La production était difficile.

En pratique, on peut fixer les vitesses maxima de ces différentes machines, comme suit (d'où résulte le nombre de tours de roues par seconde) :

Machine Crampton.	V = 80 kil.	22m,30	par seconde.
» mixte..	V = 55	15m,30	»
» à marchandises (roues de 1m,40).	V = 30	8m,30	»
» à marchandises (roues de 1m,30).	V = 26	7m,20	»
» à marchandises (8 roues couplées).	V = 24	6m,70	»

On en conclut qu'à leur vitesse maxima, nos diverses machines pourront développer le travail suivant :

Machine Crampton. . . , ...	400	chevaux.
» mixte.	300	»
» à marchandises (roues de 1m,40). . .	300	»
» » (roues de 1m,30). . .	275	»
» » (à 8 roues couplées).	400[1]	»

Le travail de chaque machine pourra quelquefois, et momentanément, être dépassé, en faisant donner à cette machine ce qu'on appelle un coup de collier; mais, comme force normale, on ne peut compter que sur les valeurs indiquées ci-dessus. (Voir le tableau 23, page 759.)

En divisant le travail par les surfaces de chauffe des machines, on obtient le nombre *N* de chevaux disponibles par mètre carré de surface de chauffe. On a :

Machine Crampton.	$N = 4^{ch},3$
» mixte (type 14).	$N = 3^{ch},0$
» » (type 12).	$N = 3^{ch},6$
» à marchandises (type 20).	$N = 2^{ch},4$
» » (type 15).	$N = 2^{ch},7$
» à 8 roues couplées.	$N = 2^{ch},0$

On conclut de ces chiffres que le travail en chevaux disponible par unité de surface de chauffe, est d'autant plus grand que la vitesse est

1. Dans nos expériences la machine à 8 roues couplées marchait à des vitesses inférieures à 24 kilomètres. A la vitesse de 24 kilomètres elle peut donner un travail de 400 chevaux.

plus grande, et que la surface du foyer est plus considérable relativement à la surface de chauffe totale.

Or, la vitesse qu'une locomotive peut soutenir, en exerçant un effort donné, dépend de la production de vapeur. La note C (page 771) et le tableau 28 (page 775) donnent les résultats de nos expériences à ce sujet.

ADHÉRENCE DES LOCOMOTIVES[1].

1° Le tableau n° 24 réunit les trains où nous avons observé des patinages. Il donne la valeur de l'adhérence de la machine lorsque la limite inférieure a été atteinte.

Prenons comme exemple le train 140 du 21 mars 1863. — Machine à marchandises, type 15. — Poids adhérent = 30000 kilogr.

Profil de la voie = rampe de 9 millim. — Température = 7°. Pluie et vent.

L'effort de traction sur la barre d'attelage du tender a été de 2850 kil. : pour avoir l'effort total tangentiel, il faut ajouter 700 kil. absorbés pour le transport du moteur même (voir le tableau n° 24, page 762), ce qui donne 3550 kilogrammes.

Le coefficient d'adhérence était $\frac{3550}{30000} = \frac{1}{8,4}$.

Dans l'exemple que nous avons pris, la vitesse n'a pas été inférieure à 15 kilom., malgré les patinages : pour réaliser ces conditions, il faut que les machines soient munies de sabliers fonctionnant parfaitement.

Le tableau n° 24 montre que l'adhérence, dans nos expériences, est descendue jusqu'à $\frac{1}{13}$, mais c'est exceptionnel : il ne faudrait pas baser une réglementation de charge sur ce chiffre.

Le tableau n° 25 réunit les trains où la traction a pu se faire avec des valeurs très-élevées de l'adhérence, sans qu'il y ait eu patinage. Dans le haut se trouvent les coefficients observés en marche et correspondant à un parcours prolongé; dans le bas, les coefficients observés dans les démarrages et dus à un effort instantané.

1. Un certain effort parallèle au rail pouvant être exercé au pourtour des roues motrices, si on le dépasse, les roues glissent, il y a *patinage*. — L'effort qu'on peut produire sans faire patiner correspond dans chaque cas à une certaine fraction du poids, on lui donne le nom d'adhérence. La fraction par laquelle il faut multiplier le poids pour obtenir l'adhérence, se nomme coefficient d'adhérence.

Tableau n° 24. — Expériences dynamométriques. — Adhérence minima. — Cas de patinage.

Numéros d'ordre.	Désignation du train.	Poids brut du train.	Type de machine.	Poids adhérent.	Profil de la voie.	Circonstances atmosphériques.	Effort de traction.	Effort pour le transport du moteur.	Effort total tangentiel.	Coefficient d'adhérence.
		tonn.		kil.			kil.	kil.	kil.	
1	140. Du 21 mars 1863.	211	Marchandises. Type 15.	30.000	R. 9 millim.	Pluie. T = + 7°.	2850	700	3550	$\frac{1}{8.4}$
2	91. Du 13 avril 1864.	323	Marchandises. Type 15.	30.000	Palier.	T = + 10°.	2800	450	3250	$\frac{1}{9.2}$
3	89. Du 14 avril 1864.	267	Marchandises. Type 15.	30.000	R. $0^{mill.},40$.	T = + 10°.	3120	260	3380	$\frac{1}{8.8}$
4	1.68. Du 8 juillet 1864.	301	Marchandises. Type 20.	33.000	R. 3 millim.	Temps humide.	2110	460	2570	$\frac{1}{12.8}$
5	1.71. Du 4 février 1867.	334	Marchand. Type 15 et 20.	63.000	R. $9^{mill.},25$.	Pluie légère.	4200	1480	5680	$\frac{1}{11.1}$
6	2.16. Du 21 juillet 1865.	97	Mixte. Type 14.	20.000	R. 5 millim.	Pluie. T = + 20°.	1290	550	1840	$\frac{1}{11}$
7	33. Du 15 mars 1866.	52	Crampton.	10.000	Palier.	Tunnel de Nanteuil.	1100	500	1600	$\frac{1}{6.2}$
8	1.16. Du 7 juin 1866.	53	Roues libres. Type 1.	9.800	R. 5 millim.	Tunnel de Rilly.	830	380	1210	$\frac{1}{8}$
9	1.38. Du 21 juillet 1865.	40	Roues libres. Type 1.	9.800	R. 5 millim.	Tunnel de Rilly.	680	380	1060	$\frac{1}{9.2}$

Tableau n° 25. — Expériences dynamométriques. Adhérence maxima.

DÉSIGNATION du train.	POIDS BRUT du train.	TYPE de machine.	POIDS adhérent.	PROFIL de la voie.	CIRCONSTANCES atmosphériques.	Effort de traction.	Effort pour le transp. du moteur.	Effort total tangentiel.	COEFFICIENT d'adhérence.
	tonn.		kilog.	millim.		kilog.	kilog.	kilog.	
1.68. Du 20 juin 1864	325	Type 20.	33000	R. 6.	Temps sec.	3800	590	4390	1/7,5
1.68. Du 8 juillet 1864	334	—	33000	—	T. un peu humide.	3750	590	4340	1/7,6
1.68. Du 27 juill. 1864	393	Type 14.	20000	—	Temps sec.	3550	500	4050	1/5 (1)
1.43. Du 19 juill. 1865	64	Type 1.	9800	R. 9,25.	—	950	530	1480	1/6,6
31. Du 21 déc. 1865	73	Type 7.	19000	R. 8.	—	1510	620	2130	1/8,8
33. Du 13 mars 1866	52	Crampton.	10000	Palier.	Tunnel de Nanteuil.	920	500	1420	1/7
33. Du 15 mars 1866	53	—	10000	R. 5.	Temps sec.	1180	500	1680	1/6
40.32. Du 25 avril 1866	55	Type 2 *bis*.	11000	R. 6.	—	850	530	1380	1/8
1.35. Du 4 juin 1866	45	Type 1.	9800	R. 9,25.	T. un peu humide.	830	530	1360	1/7,2
1.16. Du 7 juin 1866	53	—	9800	R. 9.	Temps sec.	900	530	1430	1/6,8
2.65. Du 20 juill. 1865	255	Type 20.	33000	R. 10.	—	3710	740	4450	1/7.4
2.65. Du 21 juill. 1865	259	—	33000	—	—	3930	740	4670	1/7
12.72. Du 13 jnv. 1866	522	8 roues coup.	46000	R. 5.	—	4680	990	5670	1/8,1
12.80. Du 11 jnv. 1866	571	—	46000	—	Pluie, t = + 7°.	4780	990	5770	1/8
12.72. Du 12 jnv. 1866	522	—	46000	—	Temps sec.	4730	990	5720	1/8
12.72. Du 11 jnv. 1866	533	—	46000	—	Pl. forte, t = + 3°	6210	990	7200	1/6,3 (2)
1.69. Du 14 jnv. 1867	268	Tppe 20 et 14	53000	R. 9,25.	Temps sec.	4250	1340	5590	1/9,5 (3)
1.38. Du 21 juill. 1865	40	Type 1.	9800	R. 9.	—	700	530	1230	1/8
E.63. Du 20 mars 1867	156	Type 20.	33000	R. 15.	Pluie et brouillard.	2746	1040	3786	1/8,7
E.63. Du 20 mars 1867	156	—	33000	R. 16,90	—	3035	1200	4235	1/7,6
E.63. Du 20 mars 1867	156	—	33000	R. 19,80	—	3460	1300	4760	1/6,9
E.74. Du 22 mars 1867	233	8 roues coup.	46000	R. 15,50	Vent, un peu de neige	4250	1700	5950	1/7,7
91. Du 13 avr. 1864	338	Type 15.	30000	R. 0,40.	Temps sec.	4750	270	5020	1/5,9 (4)
89. Du 14 avr. 1864	227	—	30000	R. 3,20.	—	4350	400	4750	1/6,3 (5)
66. Du 15 avr. 1864	377	Type 20.	33000	R. 3,50.	—	5700	440	6140	1/5,3 (6)
40.69. Du 28 avr. 1864	285	Type 11.	27000	Palier.	—	5800	230	6030	1/4,4 (7)
40.69. Du 29 avr. 1864	184	Type 12.	22000	R. 3,50.	—	3520	370	3890	1/5,6 (8)
1.67. Du 6 juill. 1864	163	Type 20.	33000	R. 10.	—	5420	790	6210	1/5,3 (9)
1.67. Du 26 juill. 1864	170	Type 15.	30000	Palier.	Pluie abondante.	4480	250	4730	1/6,3 (10)
75. Du 31 août 1864	264	Type 11.	27000	R. 5.	Temps sec.	4890	450	5340	1/5 (11)
12.80. Du 12 jnv. 1866	571	8 roues coup.	46000	—	Pluie.	8200	980	9180	1/5 (12)
12.80. Du 12 jnv. 1866	571	—	46000	R. 3.	—	8500	850	9350	1/4,9 (13)
12.80. Du 22 déc. 1865	476	—	46000	—	Temps sec.	7850	850	8700	1/5,2 (14)
12.74. Du 9 jnv. 1867	370	Type 20.	33000	Palier.	—	7150	260	7410	1/4,4 (15)
E.63. Du 22 mars 1867	135	—	33000	R. 20.	Neige et pl., t = + 3°	5000	1300	6300	1/5,2 (16)
E.63. Du 20 mars 1867	156	—	33000	R. 20.	Pl., brouill., t = 14°	7200	1300	8500	1/3,9 (17)
35. Du 17 nov. 1864	82	Type 14.	20000	R. 5.	T. humide, t = 8°.	2830	450	3280	1/6,1 (18)
46. Du 17 nov. 1864	172	—	20000	Palier.	Pluie, t. = + 11°.	3200	200	3400	1/5,8 (19)
31. Du 4 mai 1865	70	Type 7.	19000	—	Temps sec.	2880	200	3080	1/6,1 (20)
1.38. Du 21 juill. 1865	40	Type 1.	9800	—	—	1160	160	1320	1/7,4 (21)
1.43. Du 19 juill. 1865	64	—	9800	—	—	1430	160	1590	1/6,2 (22)
31. Du 21 déc. 1865	73	Type 7.	19000	—	—	2230	200	2430	1/7,7 (23)
33. Du 15 mars 1866	53	Crampton.	10000	—	—	1430	200	1630	1/6,1 (24)
33. Du 16 mars 1866	53	—	10000	—	—	1560	200	1760	1/5,7 (25)
40.32. Du 25 avr. 1866	55	Type 2 *bis*.	11000	—	—	1600	200	1800	1/6,1 (26)
40.32. Du 25 avr. 1866	77	Type 12.	22000	—	—	3200	200	3400	1/6,4 (27)
40.35. Du 26 avr. 1866	87	—	22000	—	—	3400	200	3600	1/6,1 (28)
40.35. Du 26 avr. 1866	56	Type 2 *bis*.	11000	—	—	1540	200	1740	1/6,3 (29)
40.26. Du 28 avr. 1866	101	Type 14.	20000	—	—	3630	200	3830	1/5,2 (30)
1.36. Du 4 févr. 1867	30	Type 1.	9800	—	Pluie.	1350	160	1510	1/6,5 (31)

OBSERVATIONS. — 1. Remorqué exceptionnellement par une mixte. — 2. Effort dans un passage difficile. — 3. Double traction. — 4 à 8. Au démarrage d'une station. — 9. Démarrage après signal d'arrêt. — 10 et 11. Au démarrage d'une station. — 12. Rupture d'un attelage. — 13 à 15. Au démarrage d'une station. — 16 et 17. Démarrage après signal d'arrêt. — 18 à 31. Au démarrage d'une station.

Le coefficient, pendant la marche, a eu pour valeur maximum $\frac{1}{5}$. C'est la limite supérieure de l'adhérence qui servira à fixer les charges maxima que peuvent remorquer les machines pendant la belle saison. Quant aux charges minima des machines, qui doivent être traînées en tout temps, on les déterminera en prenant pour coefficient $\frac{1}{9}$. En hiver, on ne peut pas compter sur une adhérence supérieure.

La variation de vitesse des trains peut facilement faire que les machines manquent d'adhérence : en effet, un train de 8 voitures, marchant en palier à la vitesse de 70 kilom., exige autant d'adhérence que le même train marchant à 40 kilom. sur une rampe de 9 millim.

Les démarrages se faisant habituellement avec le levier de marche à fond de course, on approche, à chaque démarrage, assez près de la limite d'adhérence, et les coefficients qu'on trouve sont plus élevés que ceux obtenus en marche. Dans la pratique, on peut admettre le coefficient de $\frac{1}{5}$ comme adhérence au démarrage.

FORMULE PRATIQUE DE LA PUISSANCE D'UNE MACHINE.

Pour nous mettre complétement dans les idées du programme qui demande *une formule* pratique, celle que nous allons donner n'est tirée que des résultats de nos expériences.

Soit P la charge brute en tonnes que peut traîner une machine à la vitesse V sur une voie de profil connu.

r la résistance du poids P par tonne.

P′ le poids en tonnes de la machine et du tender.

r′ la résistance du poids P′ par tonne, considérant la machine et le tender comme des véhicules.

S la surface de chauffe de la machine.

N le nombre de chevaux disponibles par unité de surface de chauffe.

P″ le poids adhérent de la machine, c'est-à-dire le poids reposant sur les points de contact des roues motrices avec le rail.

m le coefficient d'adhérence de la machine.

L'effort à la jante sera :

$$P r + P' r'.$$

V étant la vitesse en mètres à la seconde, le travail à produire est

$$(P r + P' r') V.$$

et on devra avoir :

$$(P r + P' r') V \overline{\overline{<}} S \times N \times 75. \qquad \text{(F)}$$

De plus pour éviter le glissement ou patinage il faut qu'on ait :

$$(P r + P' r') \overline{\overline{<}} m P''. \qquad \text{(F')}$$

Au moyen de ces deux formules on pourra donc calculer la charge que peut traîner une locomotive donnée. Elles serviront aussi pour résoudre le problème inverse qui se présentera plus souvent en pratique :

Déterminer les éléments principaux d'une locomotive devant remorquer une charge brute P à la vitesse V sur une voie de profil connu.

Dans l'équation F on donnera d'abord à P′ une valeur approximative, on en déduira la valeur de S. L'équation (F′) permettra de déterminer P″.

Le problème aura reçu sa meilleure solution si l'on parvient à rendre égaux deux à deux les membres des relations (F) et (F′). (Voir pour les autres organes de la machine la note E page 784.)

FIN DU MÉMOIRE.

Note A.

PUISSANCE VIVE DE ROTATION D'UNE PAIRE DE ROUES.

Dans les expériences dynamométriques sur la résistance des trains, il peut arriver que chaque période expérimentée ait été parcourue à une vitesse uniforme; rien de plus facile alors que de mesurer la résistance du train. Mais très-souvent il arrive que la vitesse a varié sensiblement; dans ce cas, la recherche du coefficient de résistance exige plus de calcul. Voici alors la formule qui nous a servi, soit :

V_0 la vitesse initiale (en kilomètres à l'heure);
V_1 la vitesse finale (en kilomètres à l'heure);
P le poids du train en tonnes;
p le poids (en kilogr.) d'une partie tournante (roue ou essieu);
K le rayon de giration d'une partie tournante;
R le rayon du cercle de roulement.
n le nombre de véhicules;
x le coefficient inconnu de résistance par tonne, à la vitesse moyenne de $\frac{V_1+V_0}{2}$;

F l'effort moyen de traction en kilogrammes;
s l'espace parcouru en mètres;

On a :

$$(1) \qquad F\times s = x\times P\times s \pm \frac{1}{2g}\left(P\times 1000+\Sigma p\,\frac{K^2}{R^2}\right)\times\frac{V_1^2-V_0^2}{12,96}.$$

Calculons la valeur du terme

$$\Sigma p\,\frac{K^2}{R^2}.$$

Nous appliquerons le calcul à la jante et à l'essieu, en négligeant les rayons.

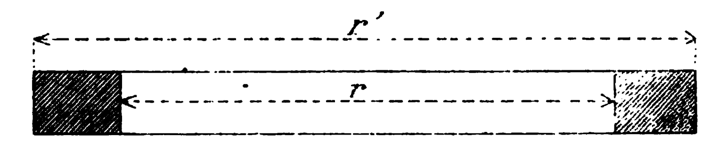
Soit pour la jante $p'\times\frac{K'^2}{R^2}$.

Il s'agit ici du matériel de l'Est, qui a composé la plus grande partie des trains expérimentés.

Or, le diamètre extérieur de la roue est de $1^m,03$, quand la roue est

neuve. Le bandage neuf a 55 millim. d'épaisseur; on l'use jusqu'à 25 millim. d'épaisseur. Donc, en considérant la roue comme à moitié de son usure, on aura :

$$2R' = 1^m,00.$$



$$K'^2 = \left(\frac{r+r'}{2}\right)^2 + \frac{1}{4} \times \left(\frac{r'-r}{2}\right)^2$$

On tire de là

$$K' = 0,48,$$

c'est-à-dire que K' est égal, à très-peu de chose près, au rayon du cercle du roulement

$$\frac{K'^2}{R^2} = \frac{0,48^2}{0,50^2} = 0,920.$$

Le poids de 2 bandages, à l'épaisseur moyenne de 40 millim., est de 264 kilogr. Donc, pour une paire de bandages, on aura :

$$p' \frac{K'^2}{R^2} = 264 \times 0,92 = 243.$$

Soit pour l'essieu : $p'' \times \frac{K''^2}{R^2}$.

Ce terme est très-petit. On trouve :

$$p'' \times \frac{K''^2}{R^2} = 1,08.$$

Pour une paire de roues montées on a :

$$p' \frac{K'^2}{R^2} + p'' \frac{K''^2}{R^2} = 244,08.$$

Pour le wagon à 2 essieux :

$$\Sigma p \frac{K^2}{R^2} = 488.$$

et pour le train complet :

$$\Sigma p \frac{K^2}{R^2} = n \times 488.$$

Après substitution et réduction, la formule (1) devient :

2) $F \times s = x \times P \times s \pm 0,004 (P \times 1000 + n \times 488) \times (V_1^2 - V_2^2)$

Cette formule a été appliquée aux calculs des tableaux I à X.

Elle permet de calculer la résistance moyenne par tonne x, même lorsque la vitesse a varié du commencement à la fin de l'expérience.

Supposons qu'il s'agisse d'un seul wagon, lancé à une vitesse initiale V_0, et abandonné à lui-même jusqu'à l'arrêt complet.

Le troisième terme de la formule (2) a alors pour expression :

$$0{,}004 \times (1000\,P + 488) \times V_0^2.$$

Remplaçant le poids en tonnes P par le poids en kilogrammes P'; remplaçant la vitesse en kilomètres à l'heure V_0 par la vitesse en mètres à la seconde V, on aura :

$$P' = m \times g,$$
$$P = 0{,}001 \times P',$$
$$V_0 = 3{,}60 \times V,$$

et le terme ci-dessus devient :

$$\left(\frac{1}{2}\,m + 25\right) \times V^2.$$

Ainsi la puissance vive de rotation d'une paire de roues de wagon, en kilogrammètres, est exprimée par $12{,}5\,V^2$.

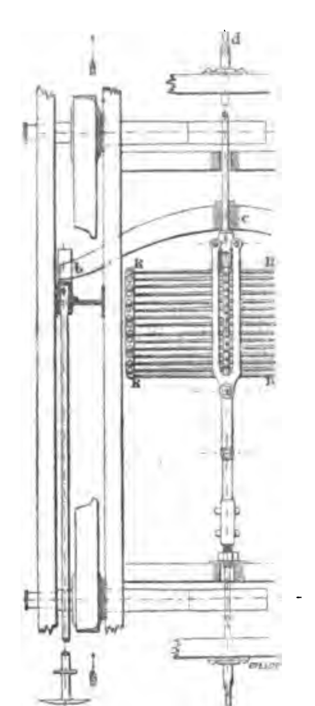
Le même calcul nous a donné les valeurs suivantes, pour exprimer la puissance vive des roues de plusieurs véhicules auxquels s'appliquent nos expériences :

1° Pour une paire de roues de tender de 1m,20, $18{,}4 \times V^2$;
2° » » de machine de 1m,30, $20 \times V^2$;
3° » » » de 1m,68, $27{,}4 \times V^2$.

Note B.

MODIFICATION APPORTÉE AU DYNAMOMÈTRE, POUR CALCULER L'EFFORT OPPOSÉ A LA DESCENTE D'UN TRAIN PAR UN FREIN QUELCONQUE.

Dans ces derniers temps, le dynamomètre, décrit page 703, a été modifié de manière à pouvoir inscrire l'effort opposé par un frein dans une descente.



Dans la marche en traction, l'effort à la barre d'attelage se mesure toujours de la même façon : le crochet de traction *d*, du côté de l'avant, agit sur le ressort R, dont la chape d'arrière est fixée d'une manière invariable au châssis du wagon.

Mais, de plus, on a emmanché sur la tige de traction une pièce transversale *bc* en fer forgé, aux extrémités de laquelle viennent buter des pièces à enfourchement clavetées sur les tiges des tampons d'arrière.

Si donc, dans une descente, on suppose un frein placé en avant du wagon-dynamomètre, les tampons d'avant de celui-ci viennent s'appuyer contre cet obstacle, et ses tampons d'arrière *a* reçoivent la poussée du train roulant par derrière, et la transmettent par l'intermédiaire de la pièce *b c* à la tige de traction du dynamomètre. Par conséquent le ressort dynamométrique s'ouvre, et sa tension fait équilibre à la poussée.

On peut donc relever des diagrammes qui inscrivent la force retardatrice et la vitesse, et partant le travail des freins.

Note C.

PRODUCTION DE LA VAPEUR.

La vitesse qu'une locomotive peut soutenir en exerçant un effort donné, dépend de sa production de vapeur. Les tableaux n°s 26, 27 et 28 donnent les consommations d'eau maxima que nous ayons observées et la valeur maxima du travail en chevaux.

La valeur maxima du travail en chevaux comprend le travail développé sur la barre d'attelage du tender, et le travail nécessaire pour le transport du moteur lui-même. Ce dernier travail a été évalué d'après les données du tableau n° 3. (Voir page 713.)

Quand la valeur du travail moyen total n'est pas indiquée, c'est que le parcours a été trop accidenté pour qu'on ait pu faire une moyenne exacte.

L'eau était mesurée dans le tender au moyen d'une échelle graduée[1].

Parmi les machines à voyageurs, c'est la machine Crampton qui a développé le plus grand travail; il s'élève à 407 chevaux. La production maxima de vapeur par mètre carré de surface de chauffe totale et par heure, a été de 42 kilogrammes.

La machine mixte, type 12, a produit en moyenne autant que la machine mixte type 14, et cependant le type 12 a une surface totale beaucoup moindre; mais nous voyons dans le tableau n° 1 que son foyer est aussi grand que celui du type 14, seulement les tubes sont notablement plus courts. L'allongement des tubes au delà de 3 mètres environ n'augmente donc pas la production de vapeur d'une manière sensible, dans les machines à voyageurs.

Au plus grand nombre de tours de roues en une seconde correspond la plus grande production. Pour la Crampton, à 2 tours 83 correspond une production de 42 kilogrammes; pour la mixte type 12, à 2 tours 77 correspond une production de 38 kilogrammes.

La grande consommation trouvée pour la machine type 1 tient à l'énorme quantité d'eau entraînée par la vapeur, à cause du très-petit volume de la chaudière.

1. La consommation d'eau ne correspond pas exactement à la production de vapeur, parce qu'il y a de l'eau entraînée. Mais pour le moment, nous ne distinguerons pas l'une de l'autre.

Tableau n° 26. — Consommations

DÉSIGNATION DU TRAIN.	DÉSIGNATION du moteur.	TONNAGE BRUT du train.	NOMBRE de voitures.	STATIONS [illegible]
1	2	3	4	5
		tonn.		
33. Du 13 mars 1866. Express.	Type Crampton.	52	8	Paris, Épernay.
33. Du 14 mars 1866. Express.	id.	53	8	Paris, Épernay.
33. Du 15 mars 1866. Express.	id.	52	8	Paris, Épernay
32. Du 15 mars 1866. Semi-direct.	Mixte. Type 14.	72	12	Château, Paris.
35. Du 17 nov. 1864. Semi-direct.	id.	82	14	Paris, Épernay
32. Du 13 mars 1866. Semi-direct.	id.	88	14	Château, Paris
32. Du 14 mars 1866. Semi-direct.	Mixte. Type 12.	78	12	Château, Paris.
44. Du 8 juin 1866. Semi-direct.	Mixte. Type 14.	107	17	Épernay, Paris.
35. Du 4 juin 1866. Semi-direct.	id.	105	17	Meaux, Château
40. 35. Du 24 avril 1866. Omnibus.	Mixte. Type 12.	67	11	Nangis, Ro[illegible]
40. 32. Du 25 avril 1866. Omnibus.	id.	75	12	Romilly, Paris
40. 35. Du 26 avril 1866. Omnibus.	id.	81	13	Nangis, Ro[illegible]
2. 16. Du 5 juin 1866. Omnibus.	Mixte. Type 14.	61	10	Charleville, [illegible]
2. 16. Du 6 juin 1866. Omnibus.	id.	58	10	id.
2. 16. Du 7 juin 1866. Omnibus.	id.	62	10	id.
40. 35. Du 2 avril 1866. Omnibus.	Mixte. Type 12.	87	14	Gretz, Nangis.
2. 43. Du 6 juin 1866. Omnibus.	Mixte. Type 14.	68	11	Reims, Charle[illegible]
1. 38. Du 21 juillet 1865. Omnibus.	Roues lib. Typ. 1.	40	7	Reims, Éper[illegible]
2. 43. Du 21 juillet 1865. Omnibus.	Mixte. Type 14.	77	13	Reims, Reth[illegible]
2. 16. Du 20 juillet 1865. Omnibus.	id.	78	12	Rethel, Reims
40. 35. Du 24 avril 1866. Omnibus.	Mixte. Type 12.	70	12	Gretz, Nang[illegible]
40. 35. Du 24 avril 1866. Omnibus.	Mixte. Type 12.	50	8	Troyes, Bar[illegible]
31. Du 4 mai 1865. Omnibus.	Mixte. Type 7.	70	12	Châlons, B[illegible]
40. 35. Du 24 avril 1866. Omnibus.	Mixte. Type 12.	70	12	Paris, Nogent.
40. 35. Du 26 avril 1866. Omnibus.	id.	76	12	Romilly, T[illegible]
31. Du 4 mai 1865. Omnibus.	Mixte. Type 7.	70	12	Blesme, Bar
31. Du 21 déc. 1865. Omnibus.	id.	73	14	Blesme, Bar
40. 35. Du 26 avril 1866. Omnibus.	Mixte. Type 12.	87	14	Paris, Gretz
1. 43. Du 19 juillet 1865. Omnibus.	Roues lib. T. 1.	64	10	Épernay, R[illegible]
31. Du 4 mai 1865. Omnibus.	Mixte. Type 7.	70	12	Bar, Lérou[illegible]
31. Du 21 déc. 1865. Omnibus.	id.	73	14	Bar, Comm[illegible]
40. 35. Du 24 avril 1866. Omnibus.	Mixte. Type 12.	70	12	Nogent, Gre[illegible]
40. 35. Du 24 avril 1866. Omnibus.	id.	50	8	Bar, Chau[illegible]

d'eau. — Trains de voyageurs.

PARCOURS expérimenté. 6	INCLINAISON moyenne de la voie. 7	RAMPE MAXIMA du parcours. 8	VITESSE moyenne. 9	RÉSISTANCE par tonne du train. 10	CONSOMMATION d'eau totale. 11	TRAVAIL moyen utile. 12	CONSOMMATION D'EAU par kilomètre 13	CONSOMMATION D'EAU par tonne kilométrique. 14	CONSOMMATION D'EAU par voiture kilométrique. 15	CONSOMMATION D'EAU par cheval utile et par kilom. 16	
kil.		mill.	kilom.	kilog.	litr.	ch.	litres.	litres.	litres.	litres.	
141	Nulle.	5	73	17.29	7830	247		1.06	6.87	0.22	
111	Nulle.	5	71 } 72	14.45	7570	201	53 } 56	1.00 } 1.08	6.62 } 7.04	0.26 } 0.23	1
141	Nulle.	5	73	19.75	8680	280	61	1.17	7.62	0.22	
91	Nulle.	5	45	11.10	5670	144	60	0.83	5.00	0.41	
141	Nulle.	5	48 } 47	8.43	9300	147	66	0.80 } 0.72	4.72 } 4.45	0.45 } 0.44	2
94	Nulle.	5	47	8.04	5280	131	56 } 58	0.63	4.00	0.45	
94	Nulle.	5	46	9.02	4616	132	49	0.62	4.08	0.47	
141	Nulle.	5	45	5.73	8270	104	57	0.53	3.35	0.56	
51	Nulle.	5	49	7.03	3312	180	64	0.61	3.77	0.35	
59	P. 0mill.8	5	46	12.50	3250	»	56	0.83	5.09	»	
128	P. 0 .3	6	40	6.26	7300	»	57	0.76	4.75	»	
59	P. 0 .8	5	50	9.05	3140	»	53	0.65	4.07	»	
49	P. 1 .2	5	51	8.37	2610	»	53	0.86	5.30	»	
49	P. 1 .2	5	46	7.56	2240	»	45	0.77 } 0.76	4.50 } 4.60	»	
49	P. 1 .2	5	48 } 44	6.38	2300	»	47 } 54	0.75	4.70	» }	3
31	R. 0 .4	5	43	8.26	1540	»	50	0.57	3.57	»	
88	R. 0 .5	10	36	6.92	4640	»	53	0.80	4.82	»	
30	P. 0 .6	9	40	7.66	1210	»	40	1.00	5.71	»	
39	Nulle.	5 1/2	41	6.64	2240	»	57	0.74	4.38	»	
39	Nulle.	6	42	6.28	2420	»	62	0.79	5.16	»	
31	R. 0mill.4	5	44	12.00	2010	»	64	0.91	5.33	»	
54	R. 1mill.0	6	46	7.44	2280	»	42	0.84	5.25	»	
45	R. 0 .9	3 1/2	51	8.90	2915	130	64	0.91	5.33	0.49	
16	R. 0 .7	5	46	10.00	1140	»	71	1.01	5.92	»	
38	R. 1 .0	5	51	7.94	2530	151	66	0.86	5.05	0.43	
37	R. 1 .6	4	50	8.30	2270	169	61	0.87 } 0.91	5.08 } 5.34	0.38	4
37	R. 1 .6	4	47 } 45	10.01	2590	168	70 } 64	0.95	5.00	0.41 }	
38	R. 1 .9	6	42	7.87	2900	»	76	0.87	5.40	»	
30	R. 0 .6	9.25	29	3.75	1680	»	56	0.87	5.60	»	
35	R. 1 .4	8	43	5.80	2480	»	71	1.01	5.92	»	
40	R. 1 .2	8	43	10.00	2740	»	68	0.93	4.86	»	
22	R. 2mill.4	6	44 } 50	10.00	1720	168	78 } 72	1.11 } 1.22	6.50 } 7.43	0.46 } 0.48	5
41	R. 3 .8	6	57	8.83	2770	131	67	1.34	8.37	0.51	

Tableau n° 27. — Consommation d'eau. — Trains de marchandises.

DATE.	DÉSIGNATION du moteur.	TONNAGE BRUT du train.	STATIONS EXTRÊMES.	Parcours durant l'expérience.	INCLINAISON de la voie.	Rampe maxima du parcours.	Vitesse moyenne à l'heure.	Résistance par tonne du train.	TRAVAIL utile en chevaux.	CONSOMMATION d'eau totale.	CONSOMMATION D'EAU par kilom.	CONSOMMATION D'EAU par tonne kilométrique	CONSOMMATION D'EAU par cheval utile et par kilomètre.	OBSERVATIONS.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		tonn		kilom		millim.	kil.	kil.	chev.	litres	litres	litres.	litres.	
11 janvier 1866.	T. 8 roues coupl.	533	Forbach, Saint-Avold.	19	R. 2mill.5	5	16	3.30	238	4203	221	0.41	0.92	
10 janvier 1866.	—	469	— —	19	R. 2 .5	5	17	3.00	237	3620	190	0.40	0.80	
10 janvier 1866.	—	473	— —	19	R. 2 .5	5	15 } 17	2.60	205	3870	203 } 198	0.43 } 0.40	0.99 } 0.84	
23 déc. 1865.	—	485	— —	19	R. 2 .5	5	19	3.01	265	3380	178	0.36	0.67	Marché bas d'eau.
22 déc. 1865.	—	476	— —	19	R. 2 .5	5	17	3.23	233	3760	198	0.41	0.84	
21 mars 1867.	—	210	Vielsalm, Gouvy.	10	R. 15 .1/2	18	14	18.05	198	1940	194	0.92	0.98	Mach. 0.526 à 0.600
22 mars 1867.	—	233	— —	10	R. 15 .1/2	18	17 } 16	18.24	263	1980	198 } 196	0.84 } 0.88	0.75 } 0.86	—
20 mars 1867.	March. Type 20.	156	Trois-Ponts, Francorchamp	13	R. 17 .40	19.50	11	20.74	134	2790	214	1.37	1.59	
22 mars 1867.	—	135	— —	13	R. 17 .40	19.50	13 } 12	20.40	137	2470	190 } 202	1.41 } 1.39	1.38 } 1.48	
26 juillet 1864.	March. Type 15.	170	Ay, Germaine.	12	R. 9 .25	9.25	15	4.47	126	2797	233	1.37	1.85	Pluie forte.
21 juillet 1865.	March. Type 20.	259	Rethel, Launois.	25	R. 4 .2	10	16	3.98	218	4670	187	0.72	0.86	
20 juillet 1865.	—	255	— —	25	R. 4 .2	10	16	3.15	191	3300	132	0.51	0.69	
6 juillet 1864.	—	163	Amagne, Launois.	17	R. 6 .2	10	24 } 19	6.03	235	2813	165 } 158	1.01 } 0.71	0.70 } 0.75	
20 juin 1864.	—	245	Bazancourt, Witry.	11	R. 4 .0	6	22	5.35	194	1630	148	0.60	0.76	
8 juillet 1864.	—	334	Rethel, Reims.	40	Nulle.	6	15	3.74	»	5707	143	0.43	»	
21 juin 1864.	—	300	— —	40	Nulle.	6	19	4.47	»	4633	116	0.38	»	
20 juin 1864.	—	244	Reims, Rethel.	40	Nulle.	5.1/2	25 } 20	4.30	»	3550	84 } 118	0.34 } 0.38	»	
27 juillet 1864.	Mixte. Type 14.	354	Reims, Rethel.	40	Nulle.	6	20	3.34	»	5378	134	0.37	»	
1er sept. 1864.	March. Type 20.	316	La Vilette, Lagny.	26	P. 0mill.5	3.50	28	3.92	»	2230	85	0.27	»	
1er sept. 1864.	—	310	Lagny, Meaux.	17	R. 0 .8	3.50	28	3.46	135	1995	117	0.37	0.87	
1er sept. 1864.	—	256	Meaux, La Ferté.	21	Nulle.	5	23	3.76	140	2253	107	0.41	0.76	
31 août 1864.	—	301	Lagny, Noisy.	19	R. 0mill.8	3.1/2	28	3.40	133	2200	115	0.38	0.86	
8 juillet 1864.	—	333	Mohon, Rethel.	46	P. 1 .2	6	20 } 26	4.64	»	5113	111 } 97	0.33 } 0.35	»	
6 juillet 1864.	—	268	Charleville, Fumay.	40	P. 0 .5	5	32	6.00	210	3691	92	0.34	0.44	Vitesse assez grande.
31 août 1864.	March. Type 11.	285	Lagny, Meaux.	17	R. 0 .8	3.1/2	23	3.81	121	1642	90	0.33	0.78	
30 août 1864.	—	196	Château, La Ferté.	30	Nulle.	0.1/2	26	4.50	»	2400	80	0.40	»	
30 août 1864.	—	108	La Ferté, Meaux.	21	Nulle.	5	26	4.50	»	1525	72	0.36	»	
8 juillet 1864.	March. Type 20.	270	[illegible]eville, Mohon.	24	Nulle.	5	[illegible]	[illegible]	191	3756	156	0.57	0.82	Mauvais temps.
14 février [illegible]	March. [illegible]	[illegible]	Châlons, Epernay.	31	P. 0mill.4	Néant.	17 } [illegible]	0.07	100	3072	99 } [illegible]	[illegible] } [illegible]	[illegible]	—
14 février [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	31	R. 0 .4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	

Tableau n° 28. — Production maxima de vapeur.

DÉSIGNATION du moteur.	DÉSIGNATION du train.	VITESSE moyenne à l'heure.	NOMBRE de kilomètres expérimentés.	NOMBRE de tours de roues en 1 seconde.	TRAVAIL exercé sur le train.	TRAVAIL pour le transport du moteur.	TRAVAIL total moyen.	SURFACE de chauffe totale.	POIDS TOTAL d'eau consommée.	POIDS D'EAU consommée par mètre carré de surface totale et par heure.
		kil.	kilom.	tours.	chev.	chev.	chev.	m.q.	kilogr.	kilogr.
Crampton.	33. Du 15 mars 1866.	73	141	2.83	297	110	407	91.27	8680	42
Roues libres. Type 1.	1. 16. Du 7 juin 1866.	42	30	2.18	»	»	»	67.91	2146	42
Mixte. Type 12.	40. 35. Du 24 avril 1866.	57	41	2.77	131	125	256	81.90	2770	38
— Type 7.	31. Du 4 mai 1865.	51	45	2.67	131	71	202	88.32	2915	33
— Type 14.	40. 23. Du 28 avril 1866.	46	55	2.40	»	»	»	100.42	4264	32
— Type 7.	31. Du 21 déc. 1865.	47	37	2.45	173	66	239	88.32	2590	32
— Type 12.	40. 35. Du 24 avril 1866.	44	22	2.14	177	68	245	81.90	1720	36
— Type 12.	40. 35. Du 26 avril 1866.	42	38	2.05	150	65	215	81.90	2900	34
— Type 12.	40. 35. Du 26 avril 1866.	51	38	2.47	150	79	229	81.90	2530	35
— Type 12.	40. 35. Du 24 avril 1866.	46	16	2.22	»	»	»	81.90	1140	33
— Type 14.	1. 68. Du 27 juill. 1864.	20	40	1.05	»	»	»	100.42	5378	35
8 roues couplées.	12. 72. Du 11 janv. 1866.	16	19	1.13	»	»	»	193.63	4203	18
8 roues couplées.	E. 74. Du 21 mars 1867.	17	10	1.19	263	104	367	203.63	1980	16
Marchandises. Type 20.	E. 63. Du 22 mars 1867.	13	13	0.81	132	54	186	126.70	2470	20
— —	E. 63. Du 20 mars 1867.	12	13	0.76	140	50	190	126.70	2790	20
— —	1. 68. Du 8 juillet 1864.	25	24	1.57	190	44	234	126.70	3756	28
— —	1. 67. Du 6 juillet 1864.	24	17	1.52	236	74	310	126.70	2813	29
— Type 15.	78. Du 14 févr. 1865.	37	31	2.52	160	71	231	100.42	3072	32
— —	61. Du 14 févr. 1865.	26	31	1.77	135	50	185	100.42	3390	26
— —	1. 67. Du 26 juillet 1864.	15	12	1.02	126	53	179	100.42	2797	32
— Type 11.	75. Du 31 août 1864.	18	21	1.14	106	26	132	98.80	2715	22
— —	66. Du 30 août 1864.	26	38	1.65	148	33	181	98.80	4063	25

En général, pour les machines à marchandises, la production par mètre carré de surface de chauffe et par heure est moindre que pour les machines à voyageurs. Pour les machines à 4 essieux couplés marchant à pleine traction, cette production n'a été que de 16 à 18 kilogrammes: ces machines marchaient très-lentement; le tirage était faible.

La machine à roues de $1^m,30$, marchant à 37 kilomètres à l'heure, a donné le chiffre de 32 kilogrammes. Si on a obtenu ce même chiffre à une vitesse moindre, c'est qu'on avait serré l'échappement à fond; c'était une mauvaise marche.

La machine type 20, marchant à pleine traction comme adhérence, a donné une production de 20 kilog. La même machine marchant à pleine traction comme production, a donné le chiffre de 29 kilog., à la vitesse de 24 kilomètres.

Ainsi plus une machine marche vite, plus elle produit de vapeur par heure et par mètre carré de surface de chauffe; par conséquent plus elle peut produire de travail. Au point de vue de la production, il y a donc intérêt à pousser la vitesse jusqu'à la limite qu'on ne saurait dépasser sans fatiguer le mécanisme.

CONSOMMATION D'EAU PAR KILOMÈTRE.

1° Le tableau n° 26 donne pour les trains de voyageurs la consommation d'eau par kilomètre pour divers types de machines.

La consommation moyenne par kilomètre, sur des profils voisins du palier, a été la même pour les machines Crampton et pour les machines mixtes, soit 57 litres environ.

Sur une rampe moyenne de $1^m/_m,5$, la consommation kilométrique des machines mixtes a été de 64 litres; sur une rampe moyenne de 3 millimètres, elle a été de 72 litres.

2° Le tableau n° 27 a rapport aux trains de marchandises; il montre que la consommation kilométrique a varié pour les machines à marchandises de 97 à 233 litres, suivant que le profil a été plus ou moins raide.

Sur les rampes de 18 à 20 millimètres, la machine type 20 a consommé plus d'eau par kilomètre que la machine à 4 essieux couplés, vu que, dans la première, on était obligé de forcer la production en serrant l'échappement.

CONSOMMATION D'EAU PAR VOITURE OU PAR TONNE REMORQUÉE.

Les tableaux n°s 26 et 27 donnent aussi la consommation d'eau par voiture ou par tonne remorquée et par kilomètre.

1° *Service des voyageurs.*

Les paragraphes (1) et (2) du tableau s'appliquent au même parcours (Paris à Épernay). On voit que sur ce parcours, la traction d'une voiture de train express a exigé $7^{lit},04$ d'eau, tandis que la traction d'une voiture de train omnibus a exigé seulement $4^{lit},45$ par kilomètre. (Tableau n° 26.)

2° *Service des marchandises.*

La traction d'une tonne brute a exigé par kilomètre $0^{lit},35$ en palier et par le beau temps, — $0^{lit},54$ en palier et par le mauvais temps, $1^{lit},39$ sur rampe de $19^{mill},50$. (Tableau n° 27.)

La traction d'une tonne, à des vitesses et sur des profils à peu près semblables, a demandé $0^{lit},88$ avec une machine à 8 roues couplées et $1^{lit},39$ avec une machine type 20.

Les machines à 8 roues couplées sont donc économiques et utilisent bien la force mécanique de la vapeur. (Grande chaudière, tubes longs.)

CONSOMMATION D'EAU PAR CHEVAL.

Enfin nous avons placé dans les tableaux n°s 26 et 27, la consommation d'eau par kilomètre et par cheval vapeur développé à la circonférence des roues motrices.

A conditions égales, cette consommation est d'autant moindre que la vitesse est plus grande. Ainsi elle a été de $0^l,23$ pour les trains express, et de $0^l,44$ pour les trains omnibus.

Pour un train de marchandises à très-petite vitesse, cette consommation est allée jusqu'à $1^l,48$ et même $1^l,85$. Ces résultats s'expliquent en remarquant que dans les machines à grandes vitesses la vapeur est plus détendue que dans les machines à petites vitesses.

Dans des conditions identiques, la consommation par cheval et par kilomètre a été de $0^l,86$ pour les machines à 8 roues couplées et de $1^l,48$ pour la machine type 20, ce qui fait encore ressortir l'économie des machines à 8 roues couplées.

EAU ENTRAINÉE PAR LA VAPEUR ET PERDUE PAR LES FUITES.

Si l'on compare la consommation réelle d'eau mesurée au tender à la consommation théorique, calculée d'après le volume décrit par les pistons pendant la durée de l'admission, on trouve que la première est beaucoup plus grande que la seconde. Cela tient à ce qu'il y a entraînement d'une grande quantité d'eau non vaporisée, et des pertes diverses.

En faisant les calculs, nous avons trouvé que les pertes et les entraînements d'eau correspondaient aux fractions suivantes de la consommation totale :

Train (1) 68 du 21 juin 1864.	30 pour 100
— (1) 67 du 6 juillet 1864..	24 pour 100
— (1) 68 du 8 juillet 1864.	31 pour 100
— (2) 65 du 21 juillet 1865.	39 pour 100

Concluons de ces quatre exemples qu'en moyenne, pour les machines du type 20, travaillant au voisinage du maximum de traction, la consommation d'eau non utilisée a atteint 31 p. 100 de la consommation totale.

Ce chiffre s'applique à des machines en bon état et bien conduites.

Il est évident qu'il faut s'opposer le plus possible aux fuites. Mais faut-il s'attacher à sécher la vapeur ?

Il y aurait économie de combustible, mais il ne faudrait pas pousser le séchage trop loin, car la vapeur trop sèche produit une usure rapide des pistons, des cylindres et des garnitures. On a remarqué souvent que certains mécaniciens, ayant l'habitude de marcher bas d'eau, consomment moins de combustible que d'autres mécaniciens, ayant l'habitude de marcher haut d'eau; mais qu'en revanche, les machines des premiers demandent plus d'entretien. On doit donc attacher plus ou moins d'importance à sécher la vapeur, suivant que le combustible sera plus ou moins cher.

1. Ces pertes proviennent des fuites et aussi du volume de l'*espace nuisible* qui n'a pas été compris dans le calcul de la consommation théorique.

Note D.

FROTTEMENTS PROPRES D'UNE MACHINE EN TRAVAIL.

Outre les résistances que nous avons trouvées pour les machines roulant à vide, il y a une certaine résistance supplémentaire créée par les pressions réciproques des pièces en mouvement.

Supposant que la machine marche assez lentement pour que la vapeur puisse être considérée comme agissant à pleine pression dès l'origine de l'admission, et pour que la pression résistante puisse être considérée comme égale à la pression atmosphérique, et appelant :

p la pression absolue de la vapeur dans la chaudière,
p' la pression atmosphérique,
s la surface du piston en mètres carrés,
l la longueur d'admission,
l' la longueur de détente,
l'' la longueur d'avance à l'échappement,
l_1 la longueur d'échappement,
l'_1 la longueur de compression,
l''_1 la longueur d'avance à l'admission.

On a pour le travail positif des gaz derrière le piston pendant une course simple du piston :

$$10{,}000 \times s \left[pl\left(1 + 2{,}30 \log \frac{l+l'}{l}\right) + p'\,l''\right].$$

Le travail négatif ou résistant des gaz en avant du piston est exprimé par :

$$10{,}000 \times s \left(p'l_1 + pl''_1 \times 2{,}30 \log. \frac{l'_1 + l''_1}{l''_1} + pl''_1\right).$$

La formule exprimant le travail par course simple d'un piston est donc :

$$T = 10{,}000\, s \times$$

$$\left[pl\left(1 + 2{,}30 \log \frac{l+l'}{l}\right) - p'(l_1 - l'') - pl''_1 \times 2{,}30 \log \frac{l'_1 + l''_1}{l''_1} - pl''_1\right].$$

Pour la machine type 20 et au 6ᵉ cran, on a :

$$
\begin{aligned}
s &= 0^m,1515 \\
l &= 0,\ 272 \\
l' &= 0,\ 249 \\
l'' &= 0,\ 136 \\
l_1 &= 0,\ 478 \\
l'_1 &= 0,\ 163 \\
l''_1 &= 0,\ 016 \\
p &= 8^k,\ 250 \\
p' &= 1,\ 033
\end{aligned}
$$

Ces valeurs, substituées dans la formule précédente, donnent :

$$T = 4500 \text{ kilogrammètres.}$$

Pour un tour de roue complet, ou aura pour les deux pistons.

$$4 \times T = 18000 \text{ kilogrammètres.}$$

Supposons la vitesse de 15 kilomètres à l'heure, on aura par seconde :

$$18000 \times \frac{4.16}{4.40} = 17000 \text{ kilogramt. ou 226 chevaux.}$$

Or, considérons le train (1) 68 du 8 juillet 1864.

Sur rampe de 6 millim., une machine type 20 a remorqué ce train, à la vitesse de 15 kilom. à l'heure, le levier de marche étant au 6ᵉ cran, et le travail de traction utile, mesuré sur la barre d'attelage du premier wagon, étant de 175 chevaux.

Ce qui donne pour le travail absorbé par le train :

$$175 \times 75 = 13125 \text{ kilogrammètres.}$$

Il faut y ajouter le travail absorbé par les résistances de la machine et du tender à la vitesse de 15 kilom. ($4^m,16$ par seconde) sur une rampe de 6 millim. (effort de 16^k par tonne, pour le transport et les frottements à vide), on trouve que ce travail est de 3461 kilogrammètres.

On a donc :

Travail absorbé par la remorque du train. . . .	13125	kgmt.
» par le moteur.	3461	»
Total.	16586	

D'autre part nous avons trouvé :

Travail produit par la vapeur.	17000	»
Différence.	414	

Ainsi, le travail absorbé par les frottements additionnels créés par la pression de la vapeur a été de 400 kilogrammètres environ. A cause des hypothèses que nous avons faites, ce chiffre est plutôt au-dessus qu'au-dessous de la vérité.

La machine pesant 33 tonnes, la résistance due à ces frottements, mesurée à la jante, a été de $\frac{414}{4.16 \times 33} = 3^{kil}.02$ par tonne de machine.

La résistance totale due aux frottements du mécanisme et à la pression de la vapeur est donc de $6.05 + 3.02 = 9.07$. (Voir p. 733.)

En réalité, cette résistance n'est pas appliquée à la jante; seulement, elle absorbe une partie de la pression exercée par la vapeur sur les pistons.

D'après ce qui précède, le travail total se décompose de la manière suivante :

175 chevaux développés sur la barre d'attelage du premier wagon,
51 » absorbés par le moteur (machine et tender).

S'il s'était agi de pleine traction en palier, à la même vitesse, le travail disponible sur la barre d'attelage eût été plus grand. Le travail total de 226 chevaux, restant le même, se fût ainsi décomposé :

192 chevaux sur la barre d'attelage,
34 » absorbés par le transport et les frottements du moteur.

RENDEMENT D'UNE MACHINE LOCOMOTIVE A MARCHANDISES.

Si nous appelons *rendement* le rapport du travail utile, au travail théorique de la vapeur, calculé d'après la formule de la page 779, on aura :

$$\frac{192}{226} = 0,85.$$

Le rendement a donc été de 85 p. 100 dans les circonstances de l'expérience, en palier, à pleine traction et à très-faible vitesse.

Mais il nous semble que la véritable manière de définir *le rendement* n'est pas celle-là.

INFLUENCE DU MODE DE DISTRIBUTION SUR LE RENDEMENT.

Le travail théorique de la vapeur est celui qui correspondrait à une

distribution fictive, celle qui consommerait le même poids de vapeur que nous avons dit, mais qui utiliserait parfaitement cette vapeur. Nous supposerons donc que la période d'admission a la même longueur que précédemment, soit 272 millim., mais que tout le reste de la course, soit 385 millim., est en détente. La dépense de vapeur serait la même à la même vitesse; mais le travail théorique serait le travail maximum correspondant à la longueur d'admission donnée.

Dans ce cas, la formule théorique devient :

$$T = 10{,}000 \times s \left[pl \left(1 + 2{,}30 \log \frac{l + l'}{l} \right) - p' (l' + l) \right].$$

Si nous appliquons cette formule au type 20 et pour le 6e cran, nous trouvons que le travail théorique par tour de roue serait de 21000 kilogrammètres.

Le travail théorique avec la coulisse de Stephenson, dans les mêmes circonstances, étant par tour de roues de 18000 kilogrammètres,

on a : $$\frac{18000}{21000} = 0.86.$$

Ce qui montre que le mode de distribution par la coulisse de Stephenson réduit, dans le cas dont il s'agit, de 14 p. 100 le travail utile qu'on pourrait obtenir de la vapeur.

Le véritable rendement d'une machine étant, à notre avis, le rapport du travail utile développé sur le train, au travail théorique de la vapeur correspondant à une distribution parfaite, on a pour le rendement de la machine dans le cas qui nous occupe :

$$\frac{192}{\dfrac{21000}{75} \times \dfrac{4.16}{4.40}} = \frac{192}{264} = 0.72.$$

Le rendement dans le cas de pleine traction, à petite vitesse, a donc été de 0.72.

RENDEMENT D'UNE MACHINE A VOYAGEURS.

Comme exemple du rendement d'une machine à voyageurs, nous citerons l'expérience suivante :

Train 32 *du* 15 *mars* 1866.

Château-Thierry à Paris, 94 kilomètres.
Inclinaison moyenne de la voie, nulle.

Volume d'eau consommé, 5670 litres.
Marche au 1er cran, régulateur à demi ouvert.
Travail moyen utile, 144 chevaux.
Vitesse moyenne, 45 kilomètres à l'heure.

Machine mixte, type 14 { Diamètre du cylindre, 42 centimètres. Course du piston; 56 » Diamètre des roues motrices, $1^m,68$.

Longueur de l'admission, côté gauche du piston, $0^m,095$.
» » côté droit » 0, 133.

(La longueur de l'admission est très-différente, suivant qu'on considère un côté ou l'autre du piston; nous ferons donc le calcul pour chacun des côtés.)

Pression moyenne indiquée par le manomètre, 7 atmosphères 1/2. (La pression peut s'élever à 8 atmosphères; mais, comme le train était facile, la pression n'atteignait pas le maximum.)

Le travail théorique de la vapeur, en supposant que la pression de la chaudière, 7 atmosphères 1/2, ait existé sur le piston pendant toute l'admission, que la vapeur se soit détendue pendant tout le reste de la course, et que pendant toute la course, la pression résistante ait été égale à la pression atmosphérique, est donné par la formule :

$$T = 10{,}000 + s\left[pl\left(1 + 2{,}30 \log \frac{l+l'}{l}\right) - p'\,(l + l')\right].$$

On trouve pour le côté gauche du piston :

$$T = 2046 \text{ kilogrammètres.}$$

Pour le côté droit du piston :

$$T = 2704 \text{ kilogrammètres.}$$

Par tour de roue, le travail théorique est de :

$$2T + 2T' = 9500 \text{ kilogrammètres.}$$

Or, à la vitesse de 45 kilomètres à l'heure, le nombre de tours de roues en une seconde est 2,38, ce qui donne pour le travail théorique en une seconde :

$$9500 \times 2{,}38 = 22600 \text{ kilogrammètres ou } 301 \text{ chevaux.}$$

Le rendement a donc été de :

$$\frac{144}{301} = 0{,}48.$$

Il faut observer que la machine ne fonctionnait pas à son maximum de travail.

Note E.

DIMENSIONS DES ORGANES DES MACHINES.

Les formules que nous avons données pour le calcul des locomotives permettent de calculer la surface de chauffe et le poids adhérent. Reste à fixer les dimensions des organes principaux; nos expériences nous ont conduits aux résultats suivants :

Foyer. — La surface du foyer ne devra pas être inférieure à :

6 à 8 mètres carrés, pour une surface de chauffe totale de 80 à 150 mètres carrés;

9 à 10 mètres carrés, pour une surface de chauffe totale de 150 à 200 mètres carrés.

Cylindres. — Le diamètre des cylindres sera de :

38 à 40 cent.	pour les	machines	à roues libres,
40 à 42 cent.	»	»	mixtes,
42 à 45 cent.	»	»	à 6 roues couplées,
48 à 50 cent.	»	»	à 8 roues couplées.

Les grands cylindres donnent beaucoup de puissance au démarrage, mais ils dépensent beaucoup de vapeur en pleine marche. Dans chaque cas leur diamètre sera fixé d'après ces deux considérations.

Roues. — Le diamètre des roues doit être assez grand pour que la vitesse des pièces oscillantes ne soit pas exagérée. Cette vitesse aura une limite d'autant plus basse que le mécanisme sera plus lourd. Nous recommandons les limites suivantes (d'où résulte le nombre de tours maximum par seconde) :

2 mètres à $2^m,30$ pour les machines express, roues libres,
(V = 80^k) $3^t,5$ à $3^t,1$ par seconde;

$1^m,60$ à $1^m,80$ pour les machines mixtes à voyageurs,
(V = 55^k) $2^t,8$ à $2^t,7$ par seconde;

$1^m,40$ pour les machines à marchandises en plaine,
(V = 30^k) 1^t9 par seconde;

$1^m,20$ à $1^m,30$ pour les machines à marchandises de rampe,
(V = 24^k) $1^t,7$ à $1^t,6$ par seconde.

Note F.

PUISSANCE DES FREINS.

Quelques observations sur le fonctionnement des freins peuvent se rattacher à la première question du programme, laquelle comprend la résistance de *tout véhicule* circulant sur les chemins de fer.

Généralement, dans les freins, le calage des roues se fait à fond, c'est-à-dire que les roues glissent sur la voie, en restant immobiles relativement au véhicule; généralement aussi, les sabots sont en bois, et d'un bois offrant le plus grand frottement possible, afin de réduire la force à exercer par le serre-frein.

Lorsque le fonctionnement des freins doit être prolongé, il arrive souvent que des méplats se forment au point de contact de la roue avec le rail, et que les sabots en bois s'usent trop vite. Pour remédier à ces inconvénients, on a proposé de laisser un peu tourner les roues, tout en continuant d'exercer un frottement à leur circonférence, et de substituer des sabots en fonte ou fer aux sabots en bois.

Ce changement réduit-il l'effet utile des freins? — Dans le but de résoudre cette question importante, nous avons fait les expériences suivantes :

Nous avons composé deux trains d'essai, comme suit :

Machine faisant la traction, en tête;

Wagon-dynamomètre, au milieu;

Wagon-frein, en queue.

Au premier train, le wagon-frein était muni de sabots en bois; au deuxième train, ce wagon était remplacé par un autre, muni de sabots en fonte.

Les deux séries d'expériences ont été faites sur la même voie; le rail était sec.

Le train était d'abord lancé à une vitesse déterminée, qu'on maintenait un certain temps en laissant rouler librement; puis, à un signal convenu, le mécanicien fermait son régulateur; au même instant, le frein d'essai était serré et on laissait le train s'arrêter complétement. Avec le wagon-dynamomètre, on mesurait les espaces, les vitesses et la résistance opposée en queue par le frein d'essai, pendant toute la période de ralentissement.

Un autre mode d'expérimentation consistait à serrer le frein pendant que la machine continuait de tirer, en maintenant une vitesse uniforme; on mesurait ainsi la résistance du frein à une vitesse déterminée et continue.

Le tableau n° 29 donne les résultats des expériences. — La vitesse moyenne est la même pour les deux séries d'essais : la première série a donné 817 kilogrammes pour la résistance du frein muni de sabots en bois, et dont les roues étaient calées; la deuxième série a donné 1100 kilogrammes pour la résistance moyenne du frein muni de sabots en fonte, et dont les roues tournaient en frottant contre les sabots. Si nous rapportons chacune des résistances au poids du frein correspondant, nous trouvons que ces résistances étaient égales à :

0,128 du poids pour le frein à roues calées,
0,192 du poids pour le frein à roues frottant contre les sabots.

Ainsi, *l'on peut tirer un effet beaucoup plus considérable d'un frein en laissant tourner les roues d'une certaine quantité qu'en les arrêtant complètement.*

Au point de vue théorique, nous pouvons expliquer ce fait de la manière suivante :

Soit :

P le poids du wagon-frein,
s le chemin parcouru depuis le calage jusqu'à l'arrêt complet,
f le coefficient de frottement du bandage fixe sur le rail.

Le travail négatif du frein sera exprimé par :

$$P \times f \times s.$$

Soit maintenant :

f' le coefficient de frottement du bandage non calé,
s' le chemin parcouru par un point du bandage, relativement au rail, pendant toute la période de ralentissement.

Le travail négatif du frein sera exprimé par :

$$P \times f' \times s'.$$

Si dans les deux cas la puissance vive initiale est la même, on aura :

$$P\,fs = P\,f's'.$$

Or, on a : $s' < s.$

Donc, il faut que f' soit plus grand que f.

On peut expliquer comme suit l'excès de f' sur f.

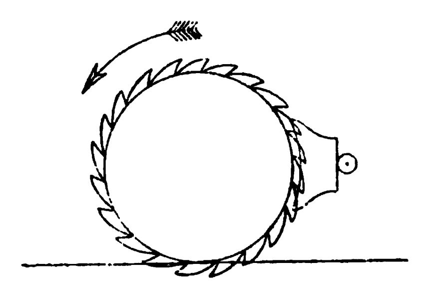
Le frottement de la roue tournant contre le sabot a pour effet de disposer les molécules extérieures du bandage suivant une crémaillère, représentée par le croquis ci-contre.

TABLEAU N° 29.

EXPÉRIENCES SUR LA PUISSANCE DES FREINS.

NATURE des freins.	NUMÉROS des expériences.	VITESSE de marche continue.	VITESSE à la fermeture du régulateur.	GLISSEMENT sur la voie.	ESPACE parcouru jusqu'à l'arrêt.	RÉSISTANCE moyenne du frein.	OBSERVATIONS.
		kilom.	kilom.		mètres.	kil.	
Frein à sabots en bois.	1	»	46	complet.	550	760	Le glissement est complet, lorsque les roues sont calées.
	2	»	42	—	450	740	
	3	»	45	—	630	625	
	4	»	55	—	830	740	Le glissement est partiel lorque les roues tournent un peu au contact des sabots.
	5	»	39	—	295	830	
	6	»	41	—	394	850	
	7	29	»	—	»	980	
	8	38	»	—	»	840	
	9	33	»	—	»	960	
	10	41	»	—	»	880	Poids du fourgon-frein à sabots en bois : 6,398 kilogrammes.
				Résistance moyenne		817	
							Poids du fourgon-frein, à sabots en fonte ; 5,730 kilogrammes.
Frein à sabots en fonte.	1	»	36	partiel.	262	1030	
	2	»	36	—	317	950	
	3	»	32	—	210	1050	
	4	»	64	—	960	985	
	5	»	44	—	358	1110	
	6	»	47	—	595	910	
	7	»	33	—	315	985	
	8	37	»	—	»	1140	
	9	34	»	—	»	1030	
	10	31	»	—	»	1390	
	11	36	»	—	»	1080	
	12	26	»	—	»	1320	
	13	32	»	—	»	1220	
	14	64	»	—	»	260	
	15	36	»	—	»	1400	
	16	43	»	—	»	1340	
	17	30	»	—	»	1400	
	18	43	»	—	»	1200	
	19	47	»	—	»	1000	
	20	28	»	—	»	1340	
	21	33	»	—	»	1100	
				Résistance moyenne		1100	

Cette crémaillère tend à être redressée en sens inverse, à chaque tour, par le glissement au contact du rail. Les deux frottements, voisins et de sens contraire, de plus à peu près égaux, s'augmentent réciproquement d'une manière notable.



Au contraire, lorsque la roue est fixe, il se forme une petite facette plate sur laquelle le glissement s'opère avec plus de facilité.

Ajoutons que la pratique a confirmé ces hypothèses. — En effet, les bandages frottant contre les sabots de fonte se sont usés très-vite, tout en se maintenant ronds.

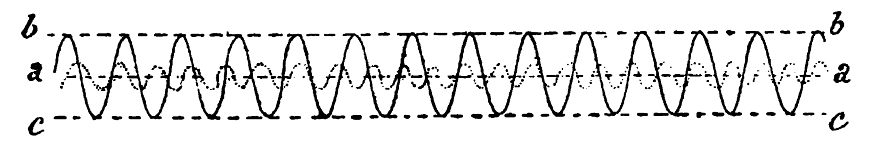
Enfin, nous ferons observer que la résistance des freins augmente à mesure que la vitesse diminue. Ce fait ressort de notre tableau n° 29, et surtout de la forme qu'affectent les courbes des diagrammes. Nous sommes en cela parfaitement d'accord avec les belles expériences dues à M. Bochet, et insérées dans les *Annales des Mines*.

Note G.

LIMITE INFÉRIEURE DE LA VITESSE DES TRAINS.

Sur les fortes rampes que l'on rencontre dans les nouvelles lignes, la vitesse des trains de marchandises tend à être abaissée, afin que les charges ne deviennent pas trop faibles. Incontestablement, cette réduction de vitesse est logique; mais l'étude de nos courbes dynamométriques nous a montré qu'il y avait un grave inconvénient à descendre trop bas.

En effet, tant que le train possède une bonne vitesse, les oscillations de la courbe dynamométrique sont faibles (voir en dessous le tracé pointillé), le train faisant volant par la force vive qu'il tient emmagasinée; mais si le train marche très-lentement, les oscillations de la courbe dynamométrique deviennent considérables (voir le tracé plein).



Dans ce cas, les limites *bb*, *cc* supérieure et inférieure des oscillations s'écartent beaucoup de la ligne *aa*, représentant l'effort de traction moyen; celui-ci, d'ailleurs, ne change pas sensiblement, tant qu'on ne dépasse pas la vitesse de 20 kilomètres à l'heure.

On conçoit donc qu'une très-faible vitesse, ayant pour effet de relever la limite supérieure *bb*, demandera des efforts plus grands pour une même traction moyenne. Par conséquent, il y aura plus de chance de patinage.

Ajoutons que la production de vapeur devient difficile quand la vitesse tombe trop bas.

Pour ces motifs, nous pensons que la limite inférieure de la vitesse des trains doit être fixée à 12 kilomètres à l'heure.

Note H.

RÉSISTANCES DES MACHINES SANS TENDER.

Les résistances propres des machines, d'après ce que nous avons vu dans ce mémoire, peuvent être regardées comme composées de trois éléments :

1° Résistances dues au roulement de la machine considérée comme véhicule;

2° Résistances dues aux frottements du mécanisme;

3° Résistances dues aux frottements additionnels provenant de la pression de la vapeur (note D, page 779).

Pour les machines à marchandises à 3 essieux couplés, nous avons trouvé par tonne de machine :

Pour les résistances dues au roulement.	6k,15
» » au frottement du mécanisme.	6, 05
» » aux frottements additionnels provenant de la pression de la vapeur.	3, 02
Total.	15, 22

La résistance totale par tonne de machine à marchandises est donc de 15k,22.

On remarquera que la résistance due au frottement du mécanisme à vide (pistons, bielles motrices, glissières, etc.) est à peu près égale à celle du roulement.

Pour les machines mixtes et à roues libres, nous n'avons pas déterminé le troisième élément de leur résistance totale, par la raison qu'à la vitesse ordinaire de ces machines, nous ne pouvions pas faire l'hypothèse qui nous a permis de faire le calcul indiqué pour les machines à marchandises.

Il y a lieu de penser que, pour ces types de machine, les résistances additionnelles par tonne dues à la pression de la vapeur, ne dépassent pas celles trouvées pour les machines à marchandises, et qu'elles sont même à peu près égales à ces dernières.

Cela admis, et en se reportant aux chiffres donnés, on aura approximativement :

MACHINES A VOYAGEURS (*roues libres*).

1°	Pour les résistances dues au roulement.	3k,00
2°	» » au frottement du mécanisme.	2, 00
3°	» » aux frottements additionnels provenant de la pression de la vapeur (valeur approximative).	3, 00
	Résistance totale par tonne.	8, 00

MACHINES MIXTES.

1°	Pour les résistances dues au roulement.	5k,22
2°	» » au frottement du mécanisme.	4, 38
3°	» » aux frottements additionnels provenant de la pression de la vapeur (valeur approximative).	3, 00
	Résistance totale par tonne	12, 60

Note I.

DÉTERMINATION DE LA CHARGE DES TRAINS.

La quatrième partie de notre Mémoire, traitant de la charge que peut traîner une locomotive donnée, permet d'organiser un service de traction sur une ligne de profil connu.

Comme exemple, nous donnerons ici l'ordre de service réglant la charge des trains de marchandises et mixtes sur le réseau de l'Est. Les chiffres qui y sont portés ont été déduits des résultats des expériences.

CHEMINS DE FER DE L'EST.

Matériel de traction.

CHARGE DES TRAINS DE MARCHANDISES ET MIXTES.

La charge des trains de marchandises et mixtes, suivant les différents profils du réseau, sera réglée conformément au présent ordre de service et aux tableaux y annexés.

L'UNITÉ EST DE 10 TONNES, ET TOUTE FRACTION D'UNITÉ SERA COMPTÉE POUR UNE UNITÉ.

Nouvelle charge des trains mixtes et de marchandises.

Le décompte d'un train mixte ou de marchandises comprendra :

1° Le poids du matériel, ou poids mort, chaque véhicule, wagon ou voiture étant compté pour 5 tonnes, ou 1/2 unité ;

2° Le poids total des marchandises transportées, dont l'indication pour chaque wagon devra figurer sur la feuille de route du chef de train.

Le chargement en bestiaux d'un wagon sera compté comme suit, quel que soit d'ailleurs le nombre des bestiaux :

Chevaux, bœufs, vaches, etc.	5 tonnes.
Moutons, veaux, porcs, etc.	3 tonnes.

Toute voiture à voyageurs, tout fourgon à bagages, attelé à un train de marchandises, figurera sur la feuille de route pour un chargement de trois tonnes.

Exemple : Un train de 29 véhicules ayant 268 tonnes de charge utile vaudra $\frac{29}{2}+\frac{268}{10}=42$ unités, c'est-à-dire 26 unités 8/10 pour la charge en marchandises plus 29 wagons à 1/2 unité, soit 14 unités 1/2 de wagons, en tout 41 unités 3/10 valant 42 unités.

Limites de charge.

Les limites de charge des trains mixtes ou de marchandises, selon la puissance des machines et des profils, sont fixées aux tableaux ci-après.

Les charges minima doivent être traînées en tout temps. Les charges maxima ne peuvent jamais être dépassées.

La charge des trains se trouvera donc comprise entre ces minima et maxima, et sera déterminée chaque jour par le service de la traction.

Dans ce but, les chefs de dépôt remettront chaque jour, à 9 heures du matin, aux gares de départ et aux gares de relai de machines, un double bulletin détaché d'un livre à trois feuillets indiquant, pour chacun des trains, la série de machines qui le remorquera et le nombre d'unités en sus des minima que cette machine pourra traîner sur les différents profils du relai.

Le premier feuillet sera détaché par le chef de gare et sera adressé à M. le Chef du Mouvement à Paris; le deuxième feuillet, annoté au dos, s'il y a lieu, par le chef de gare et timbré, sera rendu immédiatement pour être affiché dans le dépôt et envoyé à la fin de la journée au chef de traction, pour être transmis à M. l'Ingénieur de la traction à Paris.

Ces bulletins devront porter l'empreinte du timbre du dépôt et celle du cachet de la gare.

Au 1er avril, date où commençait habituellement la charge d'été pour les trains, les charges maxima pourront être obligatoires tous les jours jusqu'au 1er novembre, sur la proposition de M. l'Ingénieur de la traction et d'après l'ordre de M. l'Ingénieur en chef du matériel et de la traction.

Trains supplémentaires.

Lorsqu'il sera fait des trains supplémentaires, les chefs de dépôts auront à fournir au service de l'exploitation, dans l'heure qui suivra la demande du train supplémentaire, la série de la machine et la surcharge que cette machine pourra traîner dans son parcours.

Si, pour une cause quelconque, le chef de dépôt jugeait nécessaire de changer les surcharges indiquées sur le bulletin déjà remis à la gare, il devra envoyer un deuxième bulletin annulant le précédent.

Observations relatives aux mécaniciens.

Les mécaniciens sont tenus de satisfaire à l'enlèvement de tous les wagons, tant que la surcharge indiquée par le chef de dépôt n'est pas atteinte. Toutefois, lorsque, par suite de dérangements dans la machine ou de circonstances atmosphériques imprévues ou de toute autre cause, ils croiront devoir refuser ou même faire différer des wagons, ils devront en consigner les motifs sur la feuille de route du chef de train.

Les mécaniciens peuvent accepter une surcharge plus considérable que celle indiquée par le chef de dépôt, tant que cette surcharge ne dépasse pas le maximum porté au tableau de charge.

TABLEAU DE LA CHARGE D[illegible]

Selon la puissance des machines su[illegible]

Série des machines.	Numéros des machines.	Nature et vitesse des trains à l'heure.	Profil A.		Profil B.		Profil C.		Prof. D	
			Charge		Charge		Charge		[illegible]	
			minima.	maxima.	minima.	maxima.	minima.	maxima.	[illegible]	[illegible]
1	91 à 100 . .	Mixtes. 28 à 32 kilom.	27	32	20	26	17	21	[illegible]	[illegible]
	304 à 361. . .	Mixtes. 32 à 36 kilom.	22	27	18	22	15	19	[illegible]	[illegible]
		Marchandises. 15 à 30 kilom.	28	36	24	31	20	26	[illegible]	[illegible]
2	101 à 136. . . 142 à 158. . .	Mixtes. 28 à 32 kilom.	29	36	23	28	19	23	[illegible]	[illegible]
	189 à 222. . . 243 à 258. . .	Mixtes. 32 à 36 kilom.	24	32	20	24	16	20	[illegible]	[illegible]
	362 à 420. . . 01 à 032. . .	Marchandises. 15 à 30 kilom.	30	38	26	34	22	28	[illegible]	[illegible]
3		Mixtes. 28 à 32 kilom.	31	38	25	30	21	25	[illegible]	[illegible]
	223 à 242. . .	Mixtes. 32 à 36 kilom.	26	33	22	26	18	22	[illegible]	[illegible]
		Marchandises. 15 à 30 kilom.	32	40	28	36	24	31	[illegible]	[illegible]
4	300 à 303. . .	Marchandises. 15 à 30 kilom.	17	24	15	22	13	19	[illegible]	[illegible]
5	033 à 062. . .	Mixtes. 28 à 32 kilom.	32	38	26	30	21	25	[illegible]	[illegible]
		Mixtes. 32 à 36 kilom.	26	32	22	26	18	22	[illegible]	[illegible]
	0283 à 0284. .	Marchandises. 15 à 30 kilom.	34	42	31	38	27	34	[illegible]	[illegible]
6	063 à 0107. .	Mixtes. 28 à 32 kilom.	34	40	27	32	22	27	[illegible]	[illegible]
	0114 à 0119. . 0189 à 0200. .	Mixtes. 32 à 36 kilom.	28	34	24	28	20	24	[illegible]	[illegible]
	0278 à 0282. .	Marchandises. 15 à 30 kilom.	36	48	33	42	29	37	[illegible]	[illegible]
7	0120 à 0163. .	Mixtes. 28 à 32 kilom.	32	38	27	32	22	27	[illegible]	[illegible]
	0212 à 0241. .	Mixtes. 32 à 36 kilom.	26	32	24	28	20	24	[illegible]	[illegible]
		Marchandises. 15 à 30 kilom.	36	48	33	44	30	38	[illegible]	[illegible]
8		Mixtes. 28 à 32 kilom.	38	46	33	38	29	33	[illegible]	[illegible]
	0250 à 0500. .	Mixtes. 32 à 36 kilom.	33	39	29	34	25	29	[illegible]	[illegible]
		Marchandises. 15 à 30 kilom.	42	54	39	50	36	46	[illegible]	[illegible]
9	0500 à 0541. .	Marchandises. 15 à 26 kilom.	56	72	50	64	46	57	[illegible]	[illegible]

S DE MARCHANDISES

profils du réseau de l'Est.

l E.	Profil F.		Profil G.		Profil H.		OBSERVATIONS.
RGE	CHARGE		CHARGE		CHARGE		
naxima.	minima.	maxima.	minima.	maxima.	minima.	maxima.	
—16—	—10—	—12—	— 8—	—10—	— 6—	— 7—	Profil A. Palier ou pente.
—15—	— 9—	—11—	— 7—	— 9—	— 5—	— 7—	— B. Rampe inférieure à 2 m/m.
—20—	—12—	—18—	—10—	—16—	— 8—	—13—	— C. — . . de 2 à 4
—17—	—11—	—13—	— 9—	—11—	— 7—	— 9—	— D. — . . de 4 à 6
—16—	—10—	—12—	— 8—	—10—	— 6—	— 8—	— E. — . . de 6 à 8
—21—	—13—	—19—	—11—	—17—	— 9—	—14—	— F. — . . de 8 à 10
—19—	—12—	—15—	—10—	—12—	— 8—	—10—	— G. — . . de 10 à 12
—17—	—11—	—14—	— 9—	—11—	— 7—	— 9—	— H. — . . de 12 à 16
—23—	—14—	—21—	—12—	—18—	—10—	—15—	
—	—	—	—	—	—	—	Les charges sur la ligne de Luxembourg à Pepinster sont fixées jusqu'à présent par un Règlement spécial.
—19—	—12—	—15—	—10—	—12—	— 8—	—10—	
—17—	—11—	—13—	— 9—	—11—	— 7—	— 9—	
—28—	—18—	—25—	—15—	—22—	—12—	—18—	
21—	—13—	—16—	—11—	—13—	— 9—	—11—	
18—	—12—	—14—	—10—	—12—	— 8—	—10—	
30—	—19—	—26—	—16—	—23—	—12—	—18—	
21—	—13—	—16—	—11—	—13—	— 9—	—11—	
18—	—12—	—14—	—10—	—12—	— 8—	—10—	
31—	—20—	—27—	—17—	—24—	—13—	—19—	
24—	—16—	—19—	—14—	—17—	—11—	—13—	
22—	—15—	—18—	—13—	—16—	—10—	—12—	
34—	—22—	—29—	—19—	—26—	—15—	—22—	
46—	—30—	—40—	—25—	—35—	—20—	—30—	

Classement de toutes les lignes du réseau suivant les profils types.

Profil A.

TRAINS IMPAIRS.	TRAINS PAIRS.
La Ferté-sous-Jouarre à Blesme.	Avricourt à Frouard.
Nancy à Blainville.	Pagny à La Ferté-sous-Jouarre.
Lützelbourg à Strasbourg.	Ronchamp à Vesoul.
Chalindrey à Port-d'Atelier.	Port-d'Atelier à La Ferté-Bourbon.
Bas-Evette à Mulhouse.	Chaumont à Bar-s.-Aube.
Launois à Charleville.	Vendeuvre à Nangis.
Saint-Erme à Laon.	Witry-lez-Reims à Soissons.
Charleville à Chauvency.	Audun à Charleville.
Audun à Thionville.	Longwy à Longuyon.
Cons à Longwy.	Chaumont à Blesme.
Chalindrey à Gray.	St-Avold à Pont-à-Mousson.
Nancy à Ars.	Noidans à Vaivre.
Metz à Thionville.	Bollwiller à Strasbourg.
Xertigny à Port-d'Atelier.	Wesserling à Mulhouse.
Strasbourg à Rouffach.	Montereau à Flamboin.
Lutterbach à Saint-Louis.	Bar-sur-Seine à Troyes.
Flamboin à Montereau.	Esch à Bettembourg.
Luxembourg à Diékirch.	Ottange à Bettembourg.
Strasbourg à Kehl.	Kelh à Strasbourg.
Plaffenberg à Niederbronn.	Saint-Dié à Lunéville.
Farschwiller à Sarreguemines.	Molsheim à Strasbourg.
Germaine à Reims.	Mutzig à Molsheim.
	Wasselonne à Molsheim.
	Niederbronn à Haguenau.
	Ste-Marie à Schlestadt.
	Einvaux à Blainville.
	Haguenau à Strasbourg.
	Xertigny à Bayon.
	Germaine à Epernay.

Profil B.

TRAINS IMPAIRS.	TRAINS PAIRS.
Paris à La Ferté-s-Jouarre.	Strasbourg à Avricourt.
Blesme à Nancy.	Frouard à Pagny-s-Meuse.
Blainville à Lützelbourg.	La Ferté-s-Jouarre à Paris.
Paris à Nogent-s.-Marne.	Nangis à Paris.
Emérainville à Troyes.	Givet à Poix-Terron.
Soissons à Reims.	Laon à Guignicourt.
Charleville à Givet.	Pont-à-Mousson à Nancy.
Reims à Guignicourt.	Wissembourg à Haguenau.
Chauvency à Pierrepont.	Bâle à Bolwiller.
Blesme à Donjeux.	Provins à Longueville.
Noidans à Gray.	Marles à Gretz.
Strasbourg à Wissembourg.	Diékirch à Dommeldange.
Rouffach à Lutterbach.	Carling à Merlebach.
Mulhouse à Lutterbach.	Luxembourg à Metz.
Longueville à Provins.	Bayon à Einvaux.
Gretz à Mortcerf.	
Troyes à Bar-sur-Seine.	
Bricon à Châteauvillain.	
Strasbourg à Molsheim.	
Haguenau à Niederbronn.	

Profil C.

TRAINS IMPAIRS.	TRAINS PAIRS.
Troyes à Maranville.	Mulhouse à Ronchamp.
Chaumont à Chalindrey.	Vesoul à Port-d'Atelier.
Port-d'Atelier à Lure.	Chalindrey à Chaumont.
Reims à Launois.	Bar-s-Aube à Vendeuvre.
Guignicourt à St-Erme.	Poix à Witry-lez-Reims.
Pierrepont à Audun.	Guignicourt à Reims.
Longuyon à Cons.	Forbach à Saint-Avold.
Ars à Forbach.	Gray à Noidans.
Bettembourg à Luxemb.	Vaivres à Xertigny.
Blainville à Xertigny.	Reims à Châlons.
Port-d'Atelier à Noidans.	
Mortcerf à Coulommiers.	
Bettembourg à Esch.	
Bettembourg à Ottange.	
Lunéville à Saint-Dié.	
Avricourt à Dieuze.	

Profil D.

TRAINS IMPAIRS.	TRAINS PAIRS.
Nogent-sur-Marne à Emérainville.	La Ferté-Bourbon à Chalindrey.
Maranville à Chaumont.	Gray à Chalindrey.
Lure à Bas-Evette.	Latrecey à Chaumont.
Donjeux à Chaumont.	Barr à Molsheim.
Saint-Louis à Bâle.	
Lutterbach à Thann.	
Châlons à Reims.	
Latrecey à Courban.	
Molsheim à Wasselonne.	
Molsheim à Mutzig.	

Profil E.

TRAINS IMPAIRS.	TRAINS PAIRS.
Épinal à Remiremont.	Coulommiers à Marles.
Molsheim à Barr.	Niederbronn à Banstein.
	Sarreguemines à Carling.
	Courban à Latrecey.
	Remiremont à Épinal.
	Dieuze à Avricourt.
	Thionville à Audun.

Profil F.

TRAINS IMPAIRS.	TRAINS PAIRS
Épernay à Germaine.	Reims à Germaine.
Merlebach à Farschwiller.	
Châteauvillain à Latrecey.	
Schlestadt à Lievpre.	

Profil G.

TRAINS IMPAIRS.	TRAINS PAIRS.
Thionville à Bettembourg.	Dommeldange à Luxemb.
Thann à Saint-Amarin.	Lemberg à Sarreguemines.
Rohrbach à Plaffenberg.	Châtillon à Courban.
Courban à Châtillon.	

Profil H.

TRAINS IMPAIRS.	TRAINS PAIRS.
St-Amarin à Wesserling.	Banstein à Lemberg.
Sarreguemines à Rohrbach	
Liepvre à Sainte-Marie.	

Bulletin de mise en tête des trains.

Tout mécanicien devant prendre un service de train quelconque, mixte ou de marchandises, régulier ou supplémentaire, établira un bulletin de mise en tête du train qui portera la date et le numéro du train, les noms du mécanicien et du chauffeur, le numéro de la machine et du tender et le nombre d'unités de surcharge que peut prendre la machine dans son parcours.

Ce bulletin de mise en tête sera remis par le mécanicien à l'agent de l'exploitation chargé du service du train; il devra être conforme aux indications portées sur l'état affiché au dépôt.

Ce bulletin est joint par le chef du train à la feuille de route du train; les chefs de gare y portent la surcharge à l'arrivée et au départ du train de leur gare, comme il est indiqué par ces mots :

Surcharge réelle

De *à* *unités.*

Le mécanicien, arrivé au bout de son parcours, réclamera le présent bulletin et le joindra à la feuille de route.

Trains partant des gares intermédiaires.

En ce qui concerne les trains réguliers et supplémentaires partant des gares intermédiaires, telles que La Ferté-sous-Jouarre, Ronchamp, Haguenau, etc., les surcharges seront fixées en temps utile par les chefs de dépôt qui fournissent les machines, ou, à défaut, par les mécaniciens de ces trains.

Tous les trains pour lesquels il n'aura pas été indiqué de surcharge ne pourront être composés qu'à la charge minima du tableau ci-joint.

Trains de wagons vides.

Le nombre de wagons vides d'un train ne pourra, dans aucun cas, surpasser une fois et demie le nombre minimum d'unités indiquées pour la charge de la machine.

Doubles tractions.

Pour les trains en double traction, la charge ne devra pas excéder la somme des charges minima fixées pour chaque machine, réduite de cinq unités, quel que soit l'état du temps; elle pourra même encore être moindre à cause de l'état des attelages, si le chef de dépôt l'exige.

Machines de rampe.

Une machine de rampe pourra être attelée :

1° De Saverne à Sarrebourg,

2° De Flamboin à Maison-Rouge,

lorsque la charge dépassera celle indiquée pour la machine du train au profil D;

3° De Nançois à Loxéville,

4° De Lérouville à Loxéville,

5° D'Épinal à Douxnoux,
lorsque la charge dépassera celle indiquée pour la machine du train au profil E;
6° De Joppécourt à Audun,
7° D'Aillevillers à Bains,
8° De Rethel à Launois,
9° De Hayange à Audun,
lorsque la charge dépassera celle indiquée pour la machine du train au profil F;
10° De Blainville à Einvaux,
lorsque la charge dépassera celle indiquée pour la machine du train au profil G.

Comme nous l'avons dit plus haut, les chiffres portés au présent ordre de service ont été déduits des résultats des expériences. La pratique a montré depuis qu'ils étaient parfaitement déterminés.

Un petit nombre d'entre eux pourraient sembler, au premier abord, présenter des anomalies. Ces exceptions proviennent de ce que, dans certains cas, pour classer le profil de la ligne et déterminer la charge à donner sur ce profil, on a dû tenir compte de certaines exigences du trafic et admettre que les machines peuvent donner accidentellement ce que nous avons déjà appelé un coup de collier.

Ajoutons, pour compléter le système adopté par la Compagnie de l'Est, qu'avec des charges de train variables, il devenait aussi nécessaire d'établir des allocations variables, suivant les charges. C'est pourquoi des allocations fixes furent établies pour la remorque des charges minima et des allocations supplémentaires, variables suivant les profils, pour chaque unité de charge en sus des minima.

Les allocations fixes pour les machines à marchandises s'élèvent à 15, 16, 17, 18, 19 et 23 kilogrammes par kilomètre, suivant les types de machines.

Les allocations supplémentaires sont fixées comme suit :

0k,60	par unité de surcharge	sur les profils	A et B,
1k,30	id.		C et D,
1k,60	id.		E et F,
2k,00	id.		G et H,

quels que soient les types des machines.

Une prime est également accordée au personnel de la traction, lorsque les machines gravissent seules les rampes où elles ont droit à la machine de renfort.

Note K.

COMPOSITION DES GRAISSES DU CHEMIN DE FER DE L'EST.

Les expériences citées à la page 736 (FROTTEMENT DANS UNE BOÎTE A GRAISSE), ont été faites en se servant de la graisse et de l'huile employées encore aujourd'hui à la compagnie des chemins de fer de l'Est.

La graisse a la composition suivante :

GRAISSE D'HIVER.	Suif blanc	0.123
	Suif gris	0.123
	Huile de palme	0.123
	Vieille graisse régénérée	0.123
	Eau pure	0.388
	Lessive	0.120
		1.000

GRAISSE D'ÉTÉ.	Suif blanc	0.22
	Suif gris	0.22
	Eau pure	0.41
	Lessive	0.15
		1.00

Pour les boîtes à l'huile, on se sert d'huile de colza non épurée.

Comme on le voit par la composition ci-dessus, la graisse employée a été de qualité assez ordinaire. En se servant de graisses meilleures, on obtiendrait des coefficients se rapprochant plus ou moins de ceux que nous avons obtenus pour l'huile.

FIN DES NOTES.

LÉGENDE

des Planches 94 et 95.

WAGON DYNAMOMÈTRE.

Chape mobile du ressort	*a.*
Chape fixe du ressort	*b.*
Crayon marquant la force	*c.*
Rouleau où s'enroule le papier	*d.*
Caisse renfermant le mouvement d'horlogerie	*f.*
Crayon marquant les minutes	*g.*
Crayon marquant les distances	*h.*
Crayon marquant la ligne des abcisses	*i.*
Boîte du compteur de distances	*l.*
Excentrique faisant mouvoir le compteur	*m.*

NOTA. — La girouette et la boussole ne sont pas indiquées sur le plan.

On a aussi ajouté une guérite vitrée à l'avant pour surveiller le mécanicien et la conduite de la machine.

TABLE DES MATIÈRES

FIN DU MÉMOIRE.

NOTES A L'APPUI.

FIN DES NOTES.

TABLEAUX.

PLANCHES.

FIN.

RAPPORT

SUR LE CONCOURS POUR LA MÉDAILLE D'OR

fondé par M PERDONNET.

Dans une lettre adressée à notre Société en octobre 1864, M. Perdonnet offrait de créer un prix de 2,000 francs, représenté par une médaille d'or à l'effigie de Georges Stephenson et de Séguin aîné, pour être décernée à l'auteur des expériences qui répondraient le mieux aux question du programme que M. Perdonnet proposait de soumettre à votre approbation.

Cette proposition, qui répondait si bien aux idées de progrès que la Société représente, fut acceptée par acclamation dans notre séance du 21 octobre 1864; et, dans la séance du 3 février 1865, vous avez arrêté définitivement le programme de ce concours.

Aux termes de ce programme, les mémoires devaient être remis dans le délai de deux années, et une commission composée du président de notre Société, en 1867, et de huit membres élus en séance[1], devait juger les mémoires et décider souverainement:

1° S'il y aurait lieu de décerner le prix;

2° Auquel des concurrents il conviendrait de l'accorder.

Notre Société n'a reçu et la Commission n'a eu à s'occuper que d'un seul mémoire. Les expériences que nécessitaient les questions posées ne pouvaient être faites qu'à l'aide d'appareils coûteux à établir. Un très-petit nombre d'ingénieurs sont seuls en position de pouvoir tenter des expériences aussi nombreuses et entraînant une responsabilité considérable; enfin la modestie de quelques-uns, telles sont les causes qui ont sans doute privé notre Société d'un plus grand nombre de concurrents.

Messieurs Vuillemin, Guébhard et Dieudonné, auteurs du mémoire présenté, ont traité, avec de nombreux détails, plusieurs des questions comprises dans le programme. Le grand nombre d'expériences qu'ils

1. La Commission était composée de MM. Flachat, Président; Chobrzynski, Forquenot, Leconte, Marié, Mayer, Mathieu (Henri), Petiet et Ribail.

ont consignées dans ce mémoire et les remarques et conclusions qu'ils en ont tirées méritent de fixer l'attention d'une manière toute spéciale. La perfection des appareils d'expériences, leurs dispositions essentiellement pratiques et les soins apportés par les expérimentateurs dans la constatation des résultats font de ce travail le recueil le plus important et le plus complet qui ait été publié jusqu'à ce jour, sur les diverses résistances que présentent les véhicules de chemins de fer à la traction sur rail. Aussi, votre Commission a-t-elle, à l'unanimité, décidé qu'il y a lieu de décerner le prix Perdonnet aux auteurs de ce mémoire et de remercier la Compagnie du chemin de fer de l'Est et son directeur, M. Sauvage, de l'aide qu'ils leur ont prêtée.

Un résumé de ce travail vous a été présenté par l'un de ses auteurs dans la séance du 13 septembre 1867; vous en connaissez donc déjà l'ordonnancement et les conclusions et nous nous croyons dispensés de vous en faire ici une nouvelle analyse. Mais votre Commission, s'inspirant des termes du programme et de la lettre du donateur, croit devoir vous présenter quelques observations sur certaines indications contenues dans ce mémoire et qui paraissent s'éloigner des résultats obtenus dans les autres Compagnies, et notamment au chemin de fer d'Orléans où des expériences très-nombreuses ont été entreprises par M. Polonceau d'abord, et depuis par M. Forquenot, pour déterminer les résistances diverses opposées à la traction par le matériel d'Orléans et pour comparer ces résistances à celles opposées par le matériel des Compagnies du Midi et de l'Ouest. Ces expériences confirment, d'une manière générale, les déductions de MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné, mais les résultats numériques diffèrent notablement sur un grand nombre de points. M. Forquenot, membre de la Commission, à l'obligeance duquel nous devons la communication des expériences faites au chemin de fer d'Orléans, nous ayant donné l'autorisation de publier ces documents, nous annexons au présent rapport ceux d'entre eux qui ont pu être colligés jusqu'à ce jour. M. Forquenot complétera bientôt cette intéressante communication.

L'examen attentif des études faites sur la résistance à la traction au chemin de fer de l'Est et au chemin de fer d'Orléans fait reconnaître que tant de circonstances peuvent influer sur les résultats, qu'il est impossible, en n'étudiant qu'un seul matériel, de déterminer des coefficients qui conviennent pour tous. C'est d'ailleurs ce que MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné ont reconnu au sein de la Commission, et les résultats qu'ils présentent ne sont considérés par eux que comme applicables au matériel et aux matières employées au chemin de fer de l'Est.

Parmi les causes principales qui influent surtout sur les résistances, il faut citer :

La nature du matériel et des matières employées;

L'importance du chargement des véhicules expérimentés;

L'état plus ou moins satisfaisant d'entretien du matériel et des voies sur lesquelles il circule;

L'état atmosphérique et climatérique.

Pour donner une idée de l'importance que peuvent avoir ces variations, nous ferons remarquer que tandis que certains véhicules du chemin de fer de l'Est graissés à l'huile, ont présenté en ligne droite une résistance de plus de 4k.54, d'autres à la même vitesse et ayant le même mode de graissage n'ont présenté qu'une résistance par tonne de 2k.7; et au chemin de fer d'Orléans cette résistance est descendue à la même vitesse à 2k.22 par tonne. On observe une différence aussi importante dans la résistance que présentent les trains graissés à la graisse. A l'Est, cette résistance varie selon la température, à la vitesse de 25 kilomètres à l'heure, entre 3k.47 et 5k.22. A Orléans, on a constaté qu'avec les matières et le matériel de cette Compagnie, cette même résistance n'est que de 3 kilogrammes à 3k.80. Les expériences faites sur le graissage par la Compagnie d'Orléans sur les divers matériels du Midi, d'Orléans et de l'Ouest ont, de plus, démontré l'importance qu'il faut, dans certains cas, attacher aux matières employées. Ces expériences ont été faites avec des wagons couverts d'Orléans, graissés à l'huile, et des wagons couverts des Compagnies d'Orléans, du Midi et de l'Ouest, graissés à la graisse; elles ont démontré que la résistance des wagons d'Orléans, graissés à la graisse, dépasse de 1k.20 par tonne la résistance des wagons graissés à l'huile; mais que cette différence se réduit à 0k.77 avec les wagons du Midi, qui cependant ont des roues de 0m.90 de diamètre, au lieu de roues de un mètre, et qu'enfin cette différence est annulée avec les wagons de la Compagnie de l'Ouest qui, dans certains cas, ont même présenté une résistance inférieure aux wagons d'Orléans graissés à l'huile.

Ce n'est donc qu'avec une extrême prudence et après avoir bien analysé toutes les circonstances d'une traction que l'on peut adopter tel ou tel coefficient. Mais, si les coefficients numériques sont très-difficiles à fixer avec précision, il n'en est pas de même des lois générales, et le mémoire de MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné, aussi bien que les expériences faites au chemin de fer d'Orléans, prouvent d'une manière certaine que l'effort de traction croît par tonne :

1° Avec la vitesse des convois;

2° A mesure que la charge des véhicules diminue:

3° Avec la longueur des convois;

4° Avec la diminution du rayon des courbes;

5° Cet effort dépend du rapport entre le diamètre des roues et celui des

fusées, de la longueur de celles-ci et de la pression qu'elles supportent par unité de surface;

6° Un graissage négligé ou fait avec de mauvaises matières peut devenir une cause importante de résistance ;

7° L'intensité et la direction du vent influent aussi sur cette résistance, et, dans certains cas, cette cause est assez forte pour arrêter des convois.

Le mémoire de MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné présente sur les résistances propres aux machines un certain nombre d'expériences dynamométriques fournissant des résultats intéressants à consulter.

Les conclusions nous ont cependant paru moins certaines que celles tirées des expériences sur les trains. Il est, en effet, bien difficile d'étudier, à l'aide du dynamomètre, les résistances de la machine locomotive lorsqu'elle est en action; et, lorsqu'elle est remorquée, elle ne présente plus exactement les conditions de résistance du service. Par exemple : le frottement des pistons, bielles motrices et glissières ne peut être étudié que lorsque la vapeur n'agit pas et l'on ne peut ainsi déterminer les résistances dues à son action; on n'est pas non plus certain d'obtenir les mêmes conditions de lubrifaction des surfaces.

La vapeur, en agissant sur les pistons, détermine sur les essieux des efforts qui, par suite des jeux ordinaires de la machine en état de service, créent des défauts de parallélisme et par suite des résistances qui disparaissent lorsque la vapeur n'agit plus. Il paraît donc bien difficile de déterminer l'iufluence de l'accouplement sur une machine en action, en expérimentant sur une machine remorquée. Aussi quelques-uns des résultats cités dans le mémoire sur ce sujet semblent ils contestables.

Telles sont, messieurs, les observations que votre Commission a cru devoir présenter sur le travail très-important et très-intéressant de MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné. Ce travail appelle l'attention des ingénieurs sur la valeur considérable que peuvent prendre les résistances dans certains cas. Il fait ressortir l'importance des questions de détail dans la traction des chemins de fer. Mais les différences constatées dans les chiffres obtenus à l'Est et à Orléans, démontrent la nécessité d'étendre ces expériences à plusieurs matériels et de réunir un ensemble de faits encore plus nombreux, afin d'en dégager les parties restées douteuses.

Votre Commission décerne, à l'unanimité, le prix du concours Perdonnet à MM. Vuillemin, Guébhard et Dieudonné. Elle émet, en outre le vœu que des expériences nouvelles concertées entre plusieurs Compagnies soient faites sur le même sujet. Elle rappelle aussi que plusieurs des questions posées dans votre programme, et notamment celles relatives à la combustion, au travail de la vapeur dans les cylindres, à

l'influence de l'accouplement des roues, à l'influences des courbes, restent encore à traiter au moins en partie.

La Commission a décidé que les importants documents remis par M. Forquenot seraient imprimés à la suite de son rapport, mais que, pour ne pas retarder davantage la distribution du quatrième bulletin de l'année 1867, ils seraient insérés dans le premier bulletin de l'année 1868, en cours d'impression.

Le Président de la Commission,

FLACHAT.

Le Rapporteur de la Commission,

RIBAIL.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

A. PERDONNET,

PAR M. EUGÈNE FLACHAT.

En sortant de l'École polytechnique il y a quarante-cinq ans, les mines et la mé-tallurgie furent la première étude de Perdonnet. Attaché par des liens d'amitié et de camaraderie à M. Coste, ingénieur des mines, dont la mort prématurée, brisant une brillante carrière industrielle, a laissé de vifs regrets, M. Perdonnet fit avec son ami un séjour en Angleterre, et ils publièrent ensemble leurs observations sous le titre de *Voyage métallurgique.*

La fabrication de la fonte et du fer à la houille avait pris chez nos voisins des développements considérables, mais les méthodes étaient peu répandues en France. De plus, elles y rencontraient de graves difficultés parce que la situation de cette industrie était, dans les deux pays, fort différente par rapport aux conditions naturelles de production et de transport. Cependant la nécessité d'une transformation générale était déjà entrevue. M. Perdonnet en était convaincu, et, comme il l'a fait plus tard dans toutes les circonstances où un grand progrès technique devait amener une révolution industrielle, il a pris hardiment l'initiative de conseils qui, s'ils eussent été suivis, auraient accéléré la transformation de l'industrie du fer en France. Les nombreuses publications de M. Perdonnet sur la métallurgie montrent avec quelle ardeur il poursuivait le but qu'il s'était donné, et les faits accomplis démontrent aussi combien il était dans le vrai.

Ce fut dans ses voyages en Angleterre que M. Perdonnet puisa la conviction que les travaux publics ne pouvaient recevoir les développements nécessaires que par une large participation de l'industrie privée à leur exécution et à leur exploitation. Les doctrines économiques propagées, en 1830, par des hommes et des savants sortis, en général, de l'École polytechnique, ne furent acceptées en ce qui concernait cette grave question des services publics accomplis par les grandes associations, qu'après de longues discussions. M. Perdonnet, aidé de ses camarades, forma alors un centre de conversations auquel il associa le tout petit nombre d'ingénieurs civils, hommes de leurs œuvres, qui luttaient courageusement en faveur de ces idées d'émancipation. Parmi ces ingénieurs, les Seguin étaient au premier rang. La situation était d'ailleurs favorable. L'Administration des travaux publics recevait, comme toujours, de l'impôt, de si faibles subsides, qu'elle avait été obligée d'emprunter à des Compagnies financières l'argent nécessaire pour exécuter les canaux, et les dépenses imprévues lui rendaient l'exécution de cet engagement si laborieux que le système était condamné longtemps avant l'achèvement des voies navigables entreprises par ce moyen. Mais la résistance était d'autant plus grande que le domaine disputé était lui-même très-restreint, car il se bornait aux canaux, aux ports et aux docks.

De ces discussions sortirent plusieurs publications écrites sous une forme plus ou

moins passionnée, mais la coopération de M. Perdonnet y fut marquée par un grand respect des formes. Sa conviction fut toujours respectée parce qu'elle était désintéressée et qu'elle s'exprimait sans froisser ses adversaires; elle ne lui ôta pas un ami, et déjà elle faisait des progrès sensibles lorsque la découverte des chemins de fer vint donner un moyen puissant d'application aux idées sur lesquelles la lutte était engagée entre le génie civil et l'Administration publique.

Si je rappelle toute votre attention sur cette période de la vie et des travaux de M. Perdonnet, c'est que l'influence considérable qu'il a exercée alors est, peut-être, pour les ingénieurs ses contemporains du même âge que lui, son plus grand titre à leur estime et à leur reconnaissance. Il est donc juste de faire partager les mêmes sentiments à tous les ingénieurs civils qui n'ont pas été les témoins de ces discussions.

Le génie civil a été créé par le succès de ces efforts. De graves objections s'élevaient contre lui. Cette profession, disait-on, n'avait pas de raison d'être; il n'y avait pas d'aliments pour elle dans les services publics. Elle semblait vouloir s'enter sur le domaine officiel au grand préjudice de la communauté puisque tout son système était basé sur des tarifs d'exploitation, tandis que l'Administration et ses ingénieurs conduisaient le pays à la gratuité d'usage des voies de transport. L'emploi du produit de l'impôt pour obtenir ce résultat était, disait-on, préférable à l'aliénation des services publics en faveur de grandes associations, quelque contrôle que l'État pût exercer sur elles.

Il est à peu près certain aujourd'hui, que, sans la découverte des chemins de fer, cette doctrine aurait triomphé; mais l'urgence de les établir, la nouveauté de l'entreprise, les éventualités qui s'attachaient à l'exploitation, conduisirent le Gouvernement à demander les moyens financiers à l'épargne privée et, pour cela, à concéder les chemins de fer, à en encourager l'établissement par des subventions ou des garanties d'intérêt, tout en conservant sur leur construction et sur leur exploitation l'influence et l'autorité qui le laissait seul juge de ce que réclame l'intérêt public.

M. Perdonnet s'était trop pénétré du système qui avait amené en Angleterre un développement des travaux publics sans exemple, pour ne pas saisir avec ardeur l'occasion que les chemins de fer offraient de le réaliser en France et par l'intermédiaire du génie civil. Il y travailla donc de toute son âme, et vous savez tous que c'est par cette heureuse circonstance que notre profession est née.

Cependant, à part les anciens élèves de l'École polytechnique, à part quelques ingénieurs civils formés par de fortes études ou des travaux antérieurs, un si petit nombre d'hommes répondaient par l'étendue de leur instruction théorique aux exigences de l'art nouveau, que, sans une école spéciale, l'insuffisance eût promptement éclaté. Il eût fallu recourir aux ingénieurs étrangers. Ici encore M. Perdonnet montra une perception remarquable des nécessités du temps. Il considéra l'École centrale comme un moyen de former des ingénieurs aptes à entrer dans les services publics concédés aux Compagnies, et d'autant plus aptes qu'ils auraient appris spécialement l'art de construire les chemins de fer et le matériel d'exploitation. Cet enseignement spécial devait leur tenir lieu en partie du stage habituel, et si le cours était bien fait, quelques mois de pratique suffiraient pour utiliser les services des jeunes ingénieurs.

Rappelons qu'à cette époque, plus encore qu'aujourd'hui, il existait un écart considérable entre l'instruction des ingénieurs sortant des Écoles des ponts et chaussées et des mines et celle que donnaient, au point de vue scientifique, les universités et les écoles spéciales. Il est encore vrai que, sans l'École centrale, cet écart existerait aujourd'hui presque au même degré, rien de sérieux ne s'étant produit en dehors d'elle qui tende à le combler.

D'un autre côté l'art subissait une rénovation qui rendait indispensable une forte instruction scientifique.

Il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'insister sur l'utilité des vues qui ont porté des fruits aussi palpables que ceux que nous avons sous les yeux ; mais ce n'est pas encore le seul service que M. Perdonnet nous ait rendu. Comme ingénieur civil il a encore placé la profession à sa hauteur morale par sa droiture, par son abnégation et par son dévouement. Il y a d'abord apporté ce besoin d'estime publique qui est à l'honneur des anciens élèves de l'École polytechnique, et qui les a généralement guidés dans l'exercice de leurs fonctions officielles. Nous éprouvons quelque satisfaction à le dire ici parce que cette école a rendu ce service et bien d'autres encore; parce que M. Perdonnet en a gardé religieusement l'influence et l'a transmise à ses élèves comme un trésor qu'ils ont aussi religieusement gardé. C'est beaucoup pour cela qu'il aimait passionnément sa profession.

Un trait de sa vie montrera le dévouement que l'ingénieur apportait dans l'accomplissement de ses devoirs, et son désir de justifier la confiance qu'il inspirait. Lorsque l'achèvement du chemin de fer de Paris à Versailles rive gauche fut suspendu par suite de l'épuisement du capital, une subvention fut demandée au Gouvernement; un devis des dépenses d'achèvement fut dressé par les soins de M. Perdonnet et accepté par l'Administration. Mais la Commission de la chambre des députés hésitait, malgré le soin avec lequel le devis était établi. Un des membres sachant que M. Perdonnet était riche, lui ayant demandé s'il garantissait le chiffre du devis sur sa fortune privée, celui-ci n'hésita pas à se lier. Disons que cet engagement ne fut accepté ni par l'Administration ni par la Commission, mais il eut une influence décisive sur la décision favorable qui fut prise.

Est-il besoin de rappeler les études infatigables entreprises par M. Perdonnet comme ingénieur, et qu'il a fait servir avec tant de fruit à l'enseignement des jeunes ingénieurs. Le *Traité des Chemins de fer*, le *Portefeuille de l'Ingénieur* sont l'histoire la plus complète des progrès continus de l'art de les construire et de les exploiter. Ces ouvrages ont à la fois un caractère de démonstration très-méthodique et une valeur encyclopédique éclairée par une critique sévère et impartiale. Vous le savez, le progrès se fait de deux manières : par des découvertes réellement nouvelles et par le retour incessant des idées connues complétées par des moyens plus ingénieux d'en tirer parti. Cette seconde part est la moins brillante, mais son action continue agrandit ses effets. C'est pour cela qu'un traité d'art n'a toute sa valeur que lorsque les transformations successives de celui-ci y sont soigneusement décrites.

Les ouvrages de M. Perdonnet sur les chemins de fer lui survivront donc longtemps, et cela est dû à la persévérance qu'il a mise à les compléter et aux sacrifices considérables qu'il s'est imposés pour cela.

Lorsque M. Perdonnet devint administrateur du chemin de fer de l'Est, il demanda pour le génie civil une large part des travaux, et il l'obtint sans lutte. Il avait appelé à lui M. Polonceau et M. Petiet pendant qu'il dirigeait les services techniques du chemin de fer de Paris à Versailles rive gauche; c'est à lui que M. Vuigner a dû la grande part qu'il a prise dans la direction des travaux du chemin de fer de l'Est. M. Perdonnet fut pendant longues années attaché au comité de direction de cette Compagnie; il l'était encore quand la direction de l'École centrale lui fut confiée. Lorsque M. Sauvage, son camarade et son ami, fut appelé à la direction de la Compagnie, M. Perdonnet qui trouvait en lui un accord complet avec ses vues, est resté administrateur jusqu'à sa mort.

Sa vie a donc été consacrée à ouvrir un vaste champ d'activité à la profession d'ingénieur civil ; à aider, par l'enseignement et par le patronage, ceux qui entraient dans cette profession avec des conditions d'instruction et de caractère méritant la confiance et l'estime. Le professorat a été pour lui un moyen de donner l'impulsion à ses élèves et d'assurer leur avenir. Rappelons-nous qu'à cette époque l'industrie, autre que celle des services publics, n'offrait qu'une ressource très-limitée aux ingénieurs civils. Aujourd'hui il en est autrement, et c'est un heureux et remarquable symptôme d'extension de la profession que le plus grand nombre de ceux qui s'y consacrent y sont appelés par leurs confrères sortis avant eux des deux mêmes écoles, et entrés avant eux dans la carrière des manufactures. M. Perdonnet, qui avait été le bienfaiteur des élèves par la bonne direction qu'il avait donnée à l'enseignement dont il était spécialement chargé, voyait plus tard avec bonheur, comme directeur de l'École, les fruits heureux de l'esprit de camaraderie et de solidarité. Il l'encourageait, tout en combattant l'esprit d'exclusion. Il est donc vrai qu'il suivait le mouvement généreux et impartial des idées, dans ce mouvement qui remplace les exclusions de l'esprit de caste, de classe et de catégorie, par un sentiment d'association et de solidarité entre les hommes qui arrivent honorablement au même but par des chemins différents.

Les pensées qui ont jeté de la tristesse sur les derniers mois de la vie de M. Perdonnet, quand la maladie a trahi son activité, montrent le profond attachement qu'il portait à l'extension du génie civil. En toute occasion il témoignait sa surprise que le diplôme délivré par une École devenue officielle ne donnât aucun accès aux services pour lesquels des programmes d'une instruction beaucoup moins étendue sont exigés ; qu'aucun stimulant ne fût offert aux meilleurs élèves par les grandes industries qu'exerce le Gouvernement et qu'il fût plus facile d'entrer dans le plus petit atelier privé que dans les grands chantiers de l'État, où l'instruction est si nécessaire à tous les degrés, à tous les échelons du travail.

Il voulait aussi agrandir cette école, rendre l'enseignement accessible à un plus grand nombre ; disant que plus elle verserait de sujets habiles dans l'industrie, plus les anciens appelleraient à eux les nouveaux et leur offriraient de facilités pour commencer leur carrière.

Les idées qu'il laisse sont un héritage précieux à recueillir, parce qu'elles sont généreuses et profondément utiles.

Je n'ai pas à vous entretenir de la partie de l'existence de M. Perdonnet qui a été consacrée à l'enseignement des adultes ouvriers, à l'aide du concours ardent et affectueux de ses camarades d'école. Il n'a pas suffi en ceci d'une inspiration philanthropique : il fallait l'ensemble des qualités qui produisent la certitude, la confiance en soi puisée dans la grandeur du but. M. Perdonnet savait inspirer le concours, il savait mieux encore l'encourager et en faire apercevoir les fruits. Mais ce n'est pas ici le lieu de faire l'histoire de cette noble et grande entreprise. Nous avons dû nous borner à mettre en relief les faits et les qualités de l'homme auquel les ingénieurs civils doivent et rendent l'hommage de leur respect et de leur reconnaissance. En le nommant président honoraire de cette Société, nous lui avions donné une première marque de ces sentiments : en suivant tous religieusement ses restes jusqu'à leur dernière demeure nous avons accompli un autre devoir, et le dernier, celui qui nous reste et nous sera toujours facile, est de garder le souvenir de ses grandes qualités.

DISCOURS

PRONONCÉ SUR LA TOMBE DE M. A. PERDONNET.

PAR M. DUMAS.

Messieurs, pour attirer cette assistance nombreuse qui se presse autour de la tombe où vont reposer les restes mortels de M. Perdonnet, les talents, les services, l'éclat de la vie ne suffisent pas, quelque grands qu'ils soient. Un homme de bien, un grand cœur pouvait seul inspirer cette affection, ce respect, cette pieuse reconnaissance dont l'expression éclate avec tant d'unanimité dans cette foule émue. Mais M. Perdonnet ne tenait pas seulement de la Providence de rares talents, une situation élevée et une fortune indépendante, il avait encore reçu de Dieu l'esprit de charité.

Dès que l'occasion s'en présentait, son savoir, son temps, son influence, sa bourse, tout était mis en œuvre : son savoir, pour éclairer l'ignorant ; son temps, son influence, pour venir en aide au faible et au délaissé ; sa bourse, pour le soulagement de toutes les détresses. Les témoins de sa vie savent ce que sont devenus les profits de ses années de labeur, mêlés aux plus grandes entreprises. M. Perdonnet, réspectant son patrimoine comme un dépôt, considérait les fruits de son propre travail comme appartenant à ces jeunes talents que le besoin arrête en route, comme acquis à ces institutions qui éclairent et qui moralisent les classes laborieuses. Voilà le secret de cette douleur et de cette affluence. M. Perdonnet a pratiqué la charité chrétienne sous toutes les formes.

L'industrie des chemins de fer, l'Institution polytechnique, l'École centrale des arts et manufactures se sont partagé sa vie.

Le conseil de l'École centrale, frappé en ce jour d'un grand deuil, a voulu que son président fît entendre l'expression de sa douleur. Il s'est souvenu que, partageant depuis trente-six ans les mêmes soins, nous nous étions toujours rencontrés dans les mêmes pensées, et que notre confiance, notre amitié même, s'étaient sans cesse accrues, à mesure que des responsabilités communes, multipliant nos rapports, les rendaient aussi plus étroits.

M. Perdonnet aimait la jeunesse ; il en aimait le mouvement, la vie, la générosité, l'ardeur. Pour elle, il était plein de sympathie et d'indulgence, et s'il se montrait sévère et inflexible à certaines heures, c'est qu'alors un intérêt plus grand, celui de l'école, et le maintien de la discipline et de la règle, lui en faisaient une loi. Il aimait l'École centrale d'une passion profonde, comme un de ces instruments puissants qui donnent à la société des chefs capables de la diriger dans ses luttes avec la nature et d'assurer les progrès matériels de l'humanité vers l'ordre et la lumière.

L'École centrale naissait à peine lorsqu'il y fut appelé. Il a fondé le premier enseignement dont les chemins de fer aient été l'objet. Il a servi d'initiateur et de modè-

pour cette industrie merveilleuse qui a transformé le monde et qui compte à la tête de ses divers travaux les élèves de Perdonnet par centaines. Le *Traité élémentaire* et le *Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer* qu'il a publiés sont bientôt devenus classiques. Ils résument à la fois ses savantes leçons et l'expérience universelle des ingénieurs des deux mondes. Car, lorsqu'il s'agissait d'une information à recueillir, d'une méthode à contrôler, d'une découverte à mettre en évidence, rien ne coûtait à M. Perdonnet, ni voyages lointains, ni soins, ni dépense. Accueilli partout comme un maître, il pouvait recueillir des éléments précis d'appréciation sur tous les faits qui se produisaient dans l'industrie des chemins de fer naissants, et il a contribué plus que personne à sa rapide extension par ses informations sûres, sa critique impartiale et ses jugements éclairés.

M. Perdonnet joignait l'exemple au précepte. Administrateur du réseau de l'Est, il trouvait sans cesse l'occasion d'appliquer ou de voir à l'œuvre sur la plus grande échelle les méthodes ou les appareils qu'il avait à faire connaître dans ses leçons substantielles et pratiques.

Ainsi placé au centre des plus grandes entreprises d'une part et au milieu d'une jeunesse d'élite de l'autre, animé de l'amour du bien et plein de sympathie pour ses élèves, il était naturel qu'il voulût à la fois donner aux compagnies des auxiliaires instruits et ouvrir la carrière aux ingénieurs qui sortaient de ses mains. Personne plus que lui n'a contribué à placer les élèves de l'École centrale sur la route du travail et de la fortune. Longtemps avant de recevoir le titre de directeur de l'École, il en exerçait en ce sens, avec toute l'ardeur et toutes les délicatesses de son âme, les plus sérieuses attributions, continuant même une surveillance indirecte et discrète sur les travaux et la destinée de ses anciens disciples, dont le sort s'améliorait quelquefois tout à coup, quand ils en étaient dignes, sous la pression d'une influence qui ne se révélait pas.

Aussi, lorsqu'il fut appelé par la confiance de l'empereur à remplacer, comme directeur de l'École centrale, M. Lavallée, dont la longue et sage administration a tant contribué à sa prospérité, ces fonctions qui venaient le chercher à la fin de sa carrière semblaient avoir été faites pour lui. Convaincu que le régime de l'École exigeait quelque amélioration, il s'y porta avec une chaleur qui n'excluait pas la prévoyance, et avec une résolution qui n'ignorait pas les tempéraments. Si le maniement de cinq ou six cents élèves, dans l'âge des passions, exige une main sûre, les relations avec un professorat nombreux et éminent veulent aussi des égards et des soins attentifs. M. Perdonnet réussit. Il laisse la fortune de l'École accrue, la force de ses études plus élevée, son professorat rajeuni, l'affluence de la jeunesse intelligente vers son cours augmentée encore. Il laisse, enfin, tous les anciens élèves de l'École réunis en une association amicale, société protectrice et conseil d'honneur.

Il aurait voulu vivre encore, compléter son œuvre, assurer à l'École une installation digne d'elle et lui garantir pour toujours, sous l'autorité de l'État, le maintien des principes qui assure son succès.

Tel était M. Perdonnet dans la sphère élevée de l'enseignement supérieur, tel nous le retrouvons dans le domaine plus étendu de l'enseignement qu'il a fondé en faveur des ouvriers adultes, sous le nom d'Association polytechnique. Animé pour le peuple d'un amour sincère, il lui a beaucoup donné; il ne lui a rien demandé. Pour le bien qu'il lui a fait, il n'a jamais accepté que des devoirs nouveaux, ses sacrifices grandissant avec le succès même de ses œuvres.

Il a servi le peuple avec un dévouement absolu. Il le voulait plus éclairé et meil-

leur. Dans son langage familier, saisissant, où se mêlaient des sentiments pleins de bonhomie charmante et des vues d'une grande profondeur, il lui adressait des conseils quelquefois rudes, mais toujours écoutés avec respect, car le peuple se sentait aimé de ce chef qui ne le flattait pas.

Qui que vous soyez, quand vous pénétrez dans les ateliers et que vous rencontrez des contre-maîtres ou des ouvriers familiers avec les notions de la géométrie pratique, de la mécanique, de la physique ou de la chimie, prouvant par leur langage que nos grands écrivains ne leur sont pas étrangers et par leurs sentiments qu'ils ont réglé leur vie sur la loi morale, souvenez-vous de Perdonnet avec reconnaissance. Vous êtes en présence des élèves formés par les leçons qu'il a instituées, qui ont appris sous les maîtres de son choix à réunir une main-d'œuvre plus habile à une conception plus réfléchie de la nature et au respect de la dignité humaine.

Croyez-le bien, ces ouvriers que l'éducation a relevés, ces âmes qu'elle a ennoblies, n'en ont pas pris le travail en dégoût! Non, mais le travail a cessé pour eux de constituer une opération inintelligente et machinale, il a été rendu digne de l'homme qui la subit comme une loi fatale de la nature; au lieu d'être le tyran de sa pensée, le travail en est devenu l'esclave, et la main n'exécute que ce que l'intelligence a compris et commandé.

Ne nous étonnons pas de ce concours et constatons avec une certaine douceur que les hommes se souviennent plus qu'on ne pense du bien qui leur a été fait et que la reconnaissance publique s'attache à tous les dévouements vraiment désintéressés. Pourquoi les plus éminents ingénieurs, les administrateurs les plus renommés viennent-ils rendre un dernier hommage à cette dépouille mortelle? C'est que M. Perdonnet plus que personne a contribué à fortifier leur pouvoir sur la matière. Pourquoi ces ouvriers, élèves de l'Institution polytechnique, ont-ils quitté leurs ateliers pour l'accompagner plein de vénération? C'est qu'ils avaient tous accepté leur vénérable président comme ayant pouvoir sur leurs âmes. Pourquoi l'École centrale des arts et manufactures est-elle ici tout entière? C'est qu'avant d'en être le directeur. M. Perdonnet était pour ses élèves un maître dévoué, un indulgent ami, un père prévoyant.

M. Perdonnet, Suisse d'origine, aurait pu choisir le lieu de son repos loin des bruits de la grande ville, au milieu du calme de ses montagnes. Il est bon que sa cendre repose près de nous, sous la garde des élèves de l'Institution polytechnique et de l'École centrale. Il est bon que ceux-ci apprennent aux générations futures qu'elles doivent conserver le souvenir pieux d'un homme de bien, qui fit deux parts de sa vie : l'une, pour le travail et la gloire; l'autre, pour le dévouement et la charité, et qui sort de ce monde les mains vides, sans autre profit d'un demi-siècle de labeur que la marque durable de ses œuvres et l'empreinte féconde de sa bonté.

DISCOURS PRONONCÉ PAR M. J. PETIET.

Messieurs,

Devant la tombe de cet homme de bien que nous avons aimé et dont le nom ne mourra pas, au moins dans nos cœurs, un souvenir me touche, souvenir douloureux, par le contraste d'une journée pleinement heureuse avec le deuil de l'heure présente.

Ma pensée se reporte, malgré moi, à cette fête de famille du 4 novembre 1862 que présidait si joyeusement, et comme rajeuni par le succès complet de son œuvre, celui que nous pleurons.

Réunis autour de notre cher directeur, dans un banquet vraiment fraternel, nous fêtions à la fois le trente-troisième anniversaire de l'École centrale et la fondation de l'Association amicale de ses anciens élèves, tous disciples d'Auguste Perdonnet.

J'entends encore les paroles émues par lesquelles il répondait aux sentiments dont j'avais été l'interprète.

« Amis! nous disait-il, je vous remercie; amis, je suis profondément touché des « marques de sympathie que vous venez de donner à l'École, à ses fondateurs, et, « en particulier, à son directeur actuel! »

Oui, nous étions tous ses amis! ce sont des amis qui sont venus ici, conduits par la reconnaissance. Jamais, non, jamais nous ne pourrons oublier cet intérêt si vrai qu'il portait à nos études, et qui, persistant après notre sortie de l'École, suivait chacun de nous dans sa carrière.

C'est pour ne pas cesser de nous être utile, qu'au lieu de se donner un loisir si bien gagné, et qui eût peut-être prolongé une vie si honorable, il avait accepté la direction de l'École centrale. Sa généreuse initiative avait puissamment contribué à la création de notre Association amicale, et c'est avec son concours que nous l'avons fait reconnaître d'utilité publique.

Disons-le hautement : parmi les hommes de ce temps, que les services rendus feront vivre dans la mémoire de leurs contemporains, Perdonnet a été l'un des plus dignes ! Et c'est, pour un de ses anciens élèves, un grand honneur, en même temps qu'une consolation d'avoir été appelé, par ce privilége de l'ancienneté, à exprimer en votre nom, mes chers camarades, nos sentiments communs d'estime profonde et d'affectueuse gratitude pour le maître et pour l'ami.

DISCOURS PRONONCÉ PAR M. EUGÈNE FLACHAT.

Messieurs,

Je viens, au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, dire un dernier adieu à notre Président honoraire, au collègue, au camarade, à l'ami et au plus dévoué des fondateurs de notre profession. Confident de sa pensée et de ses travaux depuis quarante ans, mon âge me permet d'affirmer, comme un témoin des premiers jours, que, dans cette vie ardente au bien, pas une heure n'a été perdue, pas une heure n'a été détournée du but que Perdonnet s'était donné comme ingénieur civil et qu'il nous montrait à tous.

Envisageant la profession qu'il avait adoptée avec l'élévation naturelle à son caractère, il en a cherché l'emploi dans les grandes entreprises de travaux publics, et il y a apporté à la fois la sûreté que donne la science et l'énergique volonté que donne le caractère.

C'est par l'amour de sa profession qu'il a été conduit aux œuvres dont une seule suffirait à l'existence la plus utilement remplie.

Passionné, avec le plus sincère désintéressement, par le grand mouvement d'idées économiques que l'année 1830 a vu surgir, et qui a vu surgir à son tour l'immense développement du travail, gloire de notre époque, Perdonnet avait commencé brillamment sa carrière d'ingénieur dans les chemins de fer, lorsqu'il comprit la nécessité d'ouvrir à la jeunesse studieuse, par un enseignement élevé, l'accès à la profession dont il entrevoyait l'avenir, et de donner aussi aux adultes les notions scientifiques qui sont l'instrument obligé de toute profession ; telle fut désormais la pensée et le but constant de ses efforts.

L'École centrale des arts et manufactures et l'Association polytechnique sont aujourd'hui deux institutions, deux belles et grandes institutions ; elles sont impérissables, comme tout ce qui est fondé sur la nécessité du travail, et le nom de Perdonnet restera gravé dans l'histoire, parmi les créateurs ardents, généreux et dévoués de ces deux fécondes sources d'instruction.

Le même souvenir lui sera gardé par la Société des Ingénieurs civils, qu'il aimait, parce qu'il voyait en elle la réalisation de ses grandes idées d'association dans l'intérêt de la science et de notre profession. Celle-ci lui témoigna sa reconnaissance en le nommant à vie son Président honoraire, et ce fut par une acclamation unanime que cet hommage lui fut rendu.

Le bonheur d'être utile était le seul stimulant de cette énergique activité ; il avait en lui tout ce qui inspire le concours, l'aide, l'association, et ses belles qualités naturelles ont été l'instrument des succès de ses efforts, car il a tout réuni, tout concilié, tout mis en faisceau : les hommes éclairés de l'Administration, ses camarades de l'École polytechnique, ses amis, ses élèves et ses adhérents.

Remercions l'homme éminent entre tous qui a pris ici la parole pour avoir apprécié cette belle vie dans des termes éloquemment empreints de nos sentiments et de notre émotion en ce moment solennel. Notre reconnaissance lui est acquise, à ce bien-aimé de la science, et elle nous oblige à dire qu'en signalant la grande part que Perdonnet a prise comme fondateur dans deux des plus belles branches de l'ensei-

gnement professionnel, il y a lui-même consacré sa savante initiative. Le jour qu'il a jeté sur les bienfaits privés répandus par notre ami est aussi un des côtés les plus sympathiques de cette grande figure. Une vie ainsi racontée laisse des souvenirs impérissables.

A ces paroles sensibles et éloquentes est venue se joindre la voix des élèves que l'Association polytechnique a formés. Le bienfaiteur est ici élevé par le vrai sentiment de la valeur du bienfait. Ils viennent dire aujourd'hui que le travail est devenu pour tous la terre promise et qu'il les y a conduits comme la colonne de feu de la Genèse ; que pour franchir les écueils et l'obstacle de l'ignorance, il leur a montré le phare dont la lumière, alimentée par la science, garantit l'entrée du port. Qui ne voudrait, pour récompense, d'autre héritage à laisser à ceux qui survivent, que de pareils hommages d'affection et de reconnaissance.

Remercions aussi le digne pasteur qui a, dans cette même cérémonie, su élever notre pensée par l'éloquence et l'à-propos de sa sévère et digne parole. Sans doute, s'emparer des forces de la nature pour les faire servir au bien-être matériel de l'humanité, ce serait pour l'ingénieur une tâche stérile, si l'amélioration intellectuelle et morale de l'humanité n'en était pas la conséquence nécessaire; mais nous puisons tous une consolation dans la certitude que l'ami que nous perdons a montré par son caractère et ses convictions que ces deux désirables résultats sont unis par un lien indissoluble. Qu'il me soit donc permis de vous dire, sur ce grave sujet, la pensée que j'ai eu le bonheur de recueillir de sa bouche même dans une de nos dernières conversations. Il entrevoyait sa fin prochaine, il en parlait avec un grand calme. Rien ne finit, disait-il, la matière recommence ses évolutions naturelles, mais l'âme continue : et cherchant à exprimer cette conviction dans la langue la plus apte à condenser la pensée, il écrivit, *volvit materies, anima pergit*. C'était l'explication de sa tranquillité. Laissons donc au lieu du repos qu'il a choisi pour rester près de nous, cette dépouille chère mais que le temps transformera; quant à cette âme, suivons-la, imitons-la, dans ses aspirations.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

BENOIT FOURNEYRON.

PAR M. H. PELIGOT.

Parmi les hommes qui ont honoré et illustré notre profession, B. Fourneyron est certainement un de ceux dont la carrière est le plus propre à donner aux jeunes ingénieurs la confiance et le courage si nécessaires à tous ceux qui embrassent une profession libérale.

Fils d'un simple géomètre, dont la position de fortune était plus que modeste, orphelin à 22 ans, obligé de subvenir aux besoins de ses trois frère et sœurs plus jeunes que lui, qu'il parvint, avec les seules ressources de son intelligence, à élever et établir, Fourneyron a laissé en mourant à sa famille une fortune importante, après avoir consacré à des legs particuliers une somme de plus de 200,000 fr.

Benoît Fourneyron est né à Saint-Étienne en 1802. Il fit avec succès ses études au collége de cette ville, et entra en 1817, avec une dispense d'âge, à l'École des Mineurs que l'on venait de créer.

Dès la première année, il suppléait M. Burdin dans son cours de mathématiques. Sorti de l'école, après les deux années réglementaires d'études, dans les meilleures conditions, il fut pendant un an attaché à l'établissement du Creusot; il étudia ensuite les gisements de houille et de minerai de fer du bassin d'Alais (Gard), et fit, en 1821, avec M. Achille Thirion, les études et l'avant-projet du premier chemin de fer français, le chemin de fer de Saint-Étienne à la Loire.

Vers la même époque, Fourneyron établit une usine à fabriquer la tôle et le fer-blanc par la méthode anglaise. C'est le premier établissement de ce genre construit de toutes pièces en France, en n'employant que les ouvriers et les matières des forges du pays.

C'est encore dans cette période de sa vie industrielle, que Fourneyron commença à s'occuper de moteurs hydrauliques. Il fit d'abord des roues à axe horizontal, seul système alors accepté. Ce ne fut que plus tard qu'il créa les turbines dont nous dirons plus loin quelques mots.

En 1827, Fourneyron parvint à utiliser pour la mesure des grandes forces le frein de Prony, qu'il sut heureusement modifier. Il adressa, à cette occasion, une notice sur ce sujet à la Société industrielle de Mulhouse, qui lui décerna un prix qu'elle avait institué pour la mesure de la force des moteurs.

En 1826, la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale mit au concours un prix de 6,000 fr. pour *la meilleure application en grand des turbines hydrauliques ou roues à palettes courbes de Belidor.*

Fourneyron, qui, depuis 1823, avait inventé la turbine qui porte son nom, n'avait pu en faire l'application faute de trouver un industriel qui voulut l'accepter. Il réussit enfin à en monter une aux forges de Fraisans (Jura). Le succès fut tel qu'il en construisit immédiatement une seconde pour le même propriétaire.

Après avoir fait un assez grand nombre d'applications de son nouveau moteur, Fourneyron publia un mémoire sur les *turbines hydrauliques et sur leur application en grand dans les usines et manufactures*, et, en 1832, la Société d'Encouragement lui décerna le prix mis au concours. Son mémoire fut publié en 1834 dans le Bulletin de la Société.

Depuis cette époque, il fit un très-grand nombre d'applications de ses turbines en France et à l'étranger. En 1843, il en avait déjà établi plus de cent, utilisant des chutes variant de $0^m,30$ à $114^m,00$. Les forces de ces moteurs variaient de 4 chevaux à 140 chevaux; leurs vitesses de 8 tours à 2,300 tours par minute; leur diamètre de $0^m,316$ à $3^m,50$. La force totale utilisée par ces diverses turbines dépassait 3,500 chevaux.

Parmi ces applications, il convient de citer la turbine d'Inval et celles de Saint-Blaise.

La turbine construite à Inval, près de Gisors, a pu être essayée dans les circonstances les plus dissemblables, avec une chute tantôt de 0,30, tantôt de 0,60, tantôt de $1^m,00$, de 1,50 et de $2^m,00$ de hauteur, en la faisant tourner sous l'eau à des profondeurs qui ont varié de 1,15, à $1^m,88$, et une force de 3, de 11, de 30 et jusqu'à 79 chevaux, sans cesser de donner, pour tous les cas, les résultats les plus satisfaisants.

A Saint-Blaise, dans la Forêt-Noire, il s'agissait d'utiliser deux chutes, l'une de $108^m,00$, l'autre de $114^m,00$.

Il fallait construire un canal étanche de $2400^m,00$ de longueur dans un terrain perméable, sur le flanc d'une montagne escarpée et avec des matériaux qui ne pouvaient être transportés que par des hommes; établir une conduite fermée de 400 à $500^m,00$ de longueur, pouvant amener 200 litres d'eau par seconde et devant résister à la pression énorme de 11 atmosphères; enfin, recueillir, au pied de cette chute, de l'eau animée d'une vitesse de $46^m,00$ par seconde et la faire entrer sans choc dans un récepteur d'où elle devait sortir sans vitesse.

Fourneyron parvint à se rendre maître de toutes les difficultés; il employa des tuyaux d'une épaisseur relativement faible, et obtint, à l'aide

d'une turbine de $0^m,316$ de diamètre, pesant $17^k,500$, une force de 60 chevaux. Ce moteur tournait avec une vitesse de 2,300 tours.

Une autre application intéressante de ce moteur fut faite à Augsbourg, où Fourneyron établit deux turbines accouplées développant une force totale de 220 chevaux. Il s'occupa ensuite d'un projet d'élévation des eaux de la Seine à Paris, et proposa d'employer à cet usage six turbines de 800 chevaux chacune, pouvant élever à $43^m,00$ de hauteur 300,000 litres d'eau par vingt-quatre heures. Ce projet le conduisit à proposer un système nouveau de portes d'écluses articulées.

Nous trouvons ensuite Fourneyron s'occupant des questions les plus diverses de la profession d'ingénieur, déterminant le nombre de broches de filature et le nombre de métiers à tisser mécaniques que peut faire mouvoir un cheval vapeur, appliquant pour la première fois, en 1840, la vapeur à l'extinction d'un incendie, s'occupant avec M. Em. Kœchlin d'un projet de chemin de fer avec canal usinier et d'irrigation, de Bâle à Strasbourg, sur une longueur de 130 kilomètres, publiant une table pour faciliter le calcul des formules relatives au mouvement des eaux dans les tuyaux de conduite, imaginant une machine à molettes pour l'extraction des matières du fond des puits de mines, perfectionnant ses turbines par l'addition d'un appareil de graissage pour les pivots tournant sous l'eau, construisant enfin des hauts-fourneaux, des forges, des filatures et tissages mécaniques, des teintureries, des blanchisseries, des moulins à blé, des usines à papier, etc.; en un mot, exerçant, dans le sens le plus général du mot, la profession d'ingénieur libre.

En 1855, Fourneyron, frappé de la difficulté qu'il rencontrait pour construire des turbines devant produire une très-grande force sous une faible chute, et désirant diminuer le diamètre et le poids de ces moteurs, imagina le principe de la pléodynamisation par géminement, c'est-à-dire la concentration dans une seule et même turbine de la force de plusieurs turbines ordinaires de même diamètre que la turbine pléodynamique bigéminée. Il exposa, en 1855, deux turbines pléodynamiques, l'une géminée, l'autre bigéminée, et obtint la médaille d'honneur.

L'importance de ses travaux avait amené Fourneyron à venir habiter Paris depuis 1838. Il se présenta, en 1843, à l'Académie des Sciences, comme candidat à la place laissée vacante dans la section de mécanique par le décès de Coriolis.

Il obtint, au premier tour de scrutin, 19 voix contre 14 données à M. Morin, 14 à M. Combes, 6 à M. Barré Saint-Venant, et 1 à M. de Pambour. Il obtint de nouveau 19 suffrages au deuxième tour; mais, au scrutin de ballottage, M. Morin fut nommé par 30 voix contre 23 données à Fourneyron.

Malgré les chances que lui donnait un échec aussi honorable, Fourneyron ne se présenta plus aux suffrages de l'Académie.

En 1848, le département de la Loire envoya Fourneyron à l'Assemblée

constituante. Il fut nommé par 41,833 voix, et conserva son mandat jusqu'au jour où l'Assemblée législative remplaça l'Assemblée constituante.

Fourneyron remplit, dans le cours de sa carrière, diverses fonctions honorifiques dans l'accomplissement desquelles il apporta son savoir, son expérience et son assiduité. Il fut, notamment, membre de la Commission d'hygiène publique du 2e arrondissement de Paris, et fut chargé, en 1856, de l'étude et de la rédaction d'un rapport sur l'inondation des caves des quartiers nord de Paris, rapport dans lequel il démontra que cette inondation provenait presque exclusivement du mauvais état des berges et du radier du canal Saint-Martin, état qui avait, en outre, l'inconvénient de diminuer la quantité d'eau nécessaire à l'alimentation de la ville de Paris. La Commission d'hygiène publique et de salubrité du 2e arrondissement vota à l'unanimité l'impression de ce rapport.

Le Jury central de l'Exposition de 1839 décerna à Fourneyron la médaille d'or pour sa turbine. Il fut en même temps nommé chevalier de la Légion d'honneur. Comme nous l'avons dit déjà, il reçut à l'Exposition universelle de 1855 la médaille d'honneur.

Pour l'Exposition universelle de 1867, Fourneyron fit partie, d'abord du Jury d'admission du département de la Seine, puis du Jury des récompenses (classe 53). Sa santé était déjà fortement ébranlée au moment où commencèrent les travaux du Jury, et il succomba le 8 juillet 1867, conservant jusqu'au dernier moment la plénitude de ses facultés.

Ce ne fut qu'au commencement de 1862 que Fourneyron se présenta aux suffrages de la Société des Ingénieurs civils, et, à la fin de l'année 1863, il fut nommé membre du Comité pour 1864. Il ne cessa pas de faire partie du Comité jusqu'à sa mort, et l'on peut dire sans crainte d'erreur qu'il était naturellement désigné pour devenir, dans un avenir prochain, l'un de nos présidents. La variété de ses connaissances, la sûreté de son jugement et l'aménité de son caractère lui auraient permis de diriger nos discussions avec la plus grande distinction.

Quoique s'étant fait admettre bien tard à la Société des Ingénieurs civils, il portait à son avenir le plus vif intérêt. Parmi les membres du Comité, il était l'un des plus exacts et des plus assidus, et, très-peu de temps avant sa mort, il fit partie d'une commission chargée d'étudier la question si intéressante du local de la Société. Il apporta dans cette commission son assiduité et son zèle éclairé. La maladie vint l'atteindre au moment même où il s'occupait de cette question.

Mais, quoique forcé de s'éloigner de nous, il continua à notre Société l'intérêt qu'il lui avait précédemment témoigné, et il lui a laissé, par son testament, une somme de 5,000 fr. affranchie de toutes charges.

Il faisait en même temps divers legs qui témoignent de sa bienfaisance éclairée : ainsi, il a laissé à la ville de Saint-Étienne une somme de 20,000 fr., pour la fondation de bourses d'élèves externes au lycée, à

l'Académie des Sciences une rente de 500 fr., pour fonder un prix de mécanique appliquée, à la Société de secours des Amis des sciences, une somme de 10,000 fr., à la Société industrielle de Mulhouse, une somme de 5,000 fr.; il a, enfin, consacré plus de 50,000 fr. à divers legs de bienfaisance.

Ces dispositions testamentaires démontrent que, si Fourneyron a pu, par son travail et ses talents, acquérir une fortune considérable, il a su aussi employer avec discernement ce dont il pouvait disposer sans compromettre la position des siens. Le legs qu'il a fait à notre Société est le premier qui nous ait été fait depuis que, par suite de notre reconnaissance d'utilité publique, nous sommes aptes à accepter de semblables donations. Il lui assure notre reconnaissance comme sa valeur professionnelle et son caractère lui avaient acquis notre estime et notre affection.

TABLE DES MATIÈRES.

Paris. — Imprimerie de P.-A. BOURDIER, CAPIOMONT fils et Cie, rue des Poitevins, 6.

IMPRIMEURS DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS.

